

Harith Morgadinho Farooq

B₁₀

Biologia 10.ª Classe



Harith
**Programa
Atualizado**



Texto Editores

Caros Alunos,

Ao olhar à nossa volta, rapidamente percebemos que quase tudo tem um prazo de validade, não só os bens materiais como também os bens afetivos.

Existe apenas uma coisa que nos acompanhará a vida toda, o conhecimento, em que podemos incluir as nossas memórias e experiências. Torna-se óbvio, portanto, que investir no nosso conhecimento é o melhor que se pode fazer, é ele que no futuro nos permitirá colocar um prato de comida ao dispor dos nossos filhos e ter uma casa ou um carro, e é ele que estará conosco até ao último dia das nossas vidas.

E como obter conhecimento? Observando e pensando, o saber é o que nós aprendemos.

Todos somos diferentes, cada um tem as suas preferências, uns gostam mais de Matemática, outros de Literatura e outros, como eu, de Biologia, e é por isso que o mundo é tão bonito.

A Biologia é o estudo da vida, é um campo que abrange imensas áreas, desde o que estuda componentes que existem dentro de uma simples célula, até ao que estuda populações de elefantes.

À medida que o tempo passa, mais descobertas são feitas e, cada vez mais, o conhecimento torna-se mais complexo, e aquilo a que chamamos o conhecimento base vai aumentando. Dizem os cientistas que quanto mais novos somos mais fácil é a aprendizagem, pelo que protelar este exercício sobre qualquer assunto que seja nunca é bom. Além disso, o conhecimento mais importante quando somos mais crescidos é o das bases que, por sua vez, é adquirido quando somos mais novos. Deste modo, é deveras importante o saber que se obtém na escola.

Construir o saber é como construir uma pirâmide, começamos por uma base grande e extensa, e os andares superiores serão sempre mais pequenos, caso contrário a pirâmide desmorona.

O principal inimigo dos jovens estudantes é o pensamento de que a matéria que vão estudar é aborrecida, mesmo antes do início, ou então, optam apenas por estudar matérias de que gostam. Aquilo que aprendi na minha ainda curta vida é que o saber nunca é suficiente, podemos sempre aprender um pouco mais, e é o nosso conhecimento que nos vai guiar para melhores trabalhos. O objectivo não é saber tudo de pouca coisa, é saber pouca coisa de tudo, e nada melhor que estudar Biologia, que é o estudo da vida, uma matéria extremamente abrangente.

Este manual abarca as seguintes Unidades: Base Citológica da Hereditariedade, Genética, Evolução e Ecologia. Como em Dezembro passado se comemorou o centenário do nascimento de Charles Darwin e este ano foi decretado pela ONU como o da Biodiversidade, achei que deveria dedicar mais algumas páginas aos temas Evolução e Ecologia. No fim de cada unidade poderá encontrar as rubricas Exercícios propostos e no fim do manual Laboratório, com algumas experiências que poderão ser realizadas na sala de aula ou em casa, os exames nacionais de 2009, Extraordinário, 1.^a e 2.^a Épocas com resolução e as soluções de todas as questões.

O autor

$$\frac{1}{8} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$$

Unidade 1: Base Citológica da Hereditariedade

Revisões da célula e do núcleo	4
Célula	4
Base molecular da hereditariedade	10
Mecanismo da replicação	12
Replicação	12
Código genético	13
Transcrição	15
Tradução	15
Cromossomas	18
Estrutura do núcleo	18
Organização dos cromossomas	18
Estrutura dos cromossomas das células eucarióticas	19
Cariotipo	19
Divisão celular	20
Ciclo celular	20
Mitose	21
Interfase	21
Fase mitótica	21
Citocinese	22
Importância biológica da mitose	23
Meiose	24
Importância biológica da meiose	27
Gametogénese	29
Espermatogénese	29
Oogénese	30
Fecundação	32
Reprodução	32
Reprodução Assexuada	33
Reprodução Sexuada	33
Exercícios propostos	38

Unidade 2: Genética

Genética	42
Vida e experiências de Mendel	44
Escolha da ervilha, porquê?	44
1.ª lei de Mendel – Lei da uniformidade dos híbridos da 1.ª geração	46
Dominância de um gene sobre o seu alelo	49
Dominância incompleta e co-dominância	51
2.ª Lei de Mendel – Lei da disjunção ou segregação dos caracteres na geração F_2	55
Genealogia	60
Interpretação das árvores genealógicas	61
Hereditariedade autossomática	62
Grupos sanguíneos	64
Sistema ABO	64
Sistema Rh	68
Modo de transmissão do grupo Rh	69
Hereditariedade ligada ao sexo	70
Herança de genes localizados no cromossoma X	70
Autossomas e heterossomas	72
Mutações	76
Mutações génicas	76
Mutações cromossómicas	77
Efeitos das mutações cromossómicas	80
Agentes mutagénicos	82

Comparação entre doenças hereditárias e doenças infecciosas	83
Aplicação da genética na agricultura e na pecuária	84
Exercícios propostos	87

Unidade 3: Evolução

Origem da Terra	92
Origem da vida	92
Teorias antigas sobre a origem dos seres vivos	95
Mecanismos de Evolução	95
Teoria científica da evolução dos organismos	99
Estudos de Charles Darwin (1809 – 1882)	99
Lamarckismo vs Darwinismo	102
Neodarwinismo ou teoria sintética da evolução	102
Factores da evolução	103
Seleção natural	103
Processo de especiação	105
Tipos de isolamento	105
Mutações como origem de variação	107
Recombinação de genes	107
Prova de evolução	108
Dados da Paleontologia	108
Dados anatómicos	110
Dados embriológicos	112
Tendências de evolução	113
Origem do Homem	115
Lugar do Homem na Natureza	116
Raças humanas	118
Exercícios propostos	120

Unidade 4: Ecologia

Introdução ao estudo da ecologia	124
Conceitos básicos de ecologia	124
Importância do estudo da ecologia	126
Ecosistema	126
Tipos de ecossistema	126
Composição de um ecossistema	126
Sucessão ecológica	139
Processos comuns dentro do ecossistema	141
Circulação da matéria e fluxo nos ecossistemas	141
Cadeias e teias alimentares	143
Ciclos biogeoquímicos	145
Protecção dos ecossistemas	152
Alteração de ecossistemas pelo homem	152
Protecção do ecossistema	161
Parques e reservas naturais	161
Tratamento de lixo	165
Exercícios propostos	170
Laboratório	174
Exames de 2009 com resolução	180
Soluções	190
Bibliografia	192

Revisões da célula e do núcleo

Célula

Tal como os átomos são as unidades básicas da química, as células são os «tijolos» para a formação da vida.

Cada célula contém no mínimo 10 000 tipos de moléculas diferentes para transformar matéria e energia, para responder ao seu ambiente e para se reproduzirem.

A palavra «célula» vem do latim *cellula* (pequena cela). As células foram descobertas em 1665 pelo inglês Robert Hooke.

A célula é a unidade básica da vida. É a unidade estrutural e funcional de todos os seres vivos. Alguns organismos, como a maioria das bactérias, são unicelulares, ou seja, consistem numa única célula e outros organismos, como os humanos, são multicelulares.

Existem dois tipos de células: Eucarióticas e Procarióticas. As células procarióticas são geralmente independentes, enquanto a maioria das células eucarióticas são encontradas em organismos multicelulares.

A célula é limitada por uma membrana que inclui um citoplasma e um núcleo. O citoplasma contém um reticulado de membranas que formam o retículo endoplasmático. Inclui também mitocôndrias, que interferem na utilização de moléculas fornecedoras de energia nas células; cloroplastos, que se encontram nas células das plantas verdes e são responsáveis pela fotossíntese; dictiosomas, membranas especializadas predominantes em células que segregam substâncias; vesículas, lisossomas, e vacúolos, gotas de líquido rodeado por uma membrana. Nas células eucarióticas o núcleo é limitado por uma dupla membrana e contém cromossomas e nucléolos enquanto nas células procarióticas o material nuclear está distribuído no citoplasma.

As células procarióticas são relativamente simples (comparativamente às eucarióticas) e são as que se encontram nas bactérias e cianófitas («algas» azuis ou cianobactérias). São organismos unicelulares constituídos por uma só célula.

As células eucarióticas podem ser encontradas em seres unicelulares e pluricelulares. São células complexas que se encontram nos animais, plantas e fungos.

Célula procariótica

As células procarióticas são características dos organismos dos Domínios *Bacteria* e *Archea*. Os organismos deste grupo são unicelulares mas muitos deles formam colónias de forma linear ou em pequenos grupos.



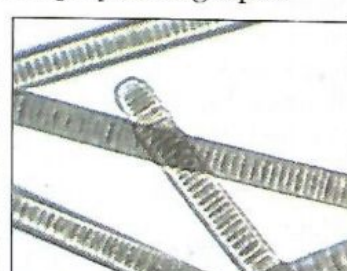
Staphylococcus aureus.
Células procarióticas.



Klebsiella pneumoniae.



Aquaspirillum serpens.



Oscillatoria limosa.

Estudar a biologia celular é de um modo geral estudar a vida, os princípios que gerem o funcionamento de uma única célula são os mesmos que governam os 60 biliões de células no nosso corpo. A vida é contínua, todas as células no nosso corpo provêm de uma única célula, o ovo fecundado. Assim, a origem da vida traduz-se basicamente na origem das primeiras células.

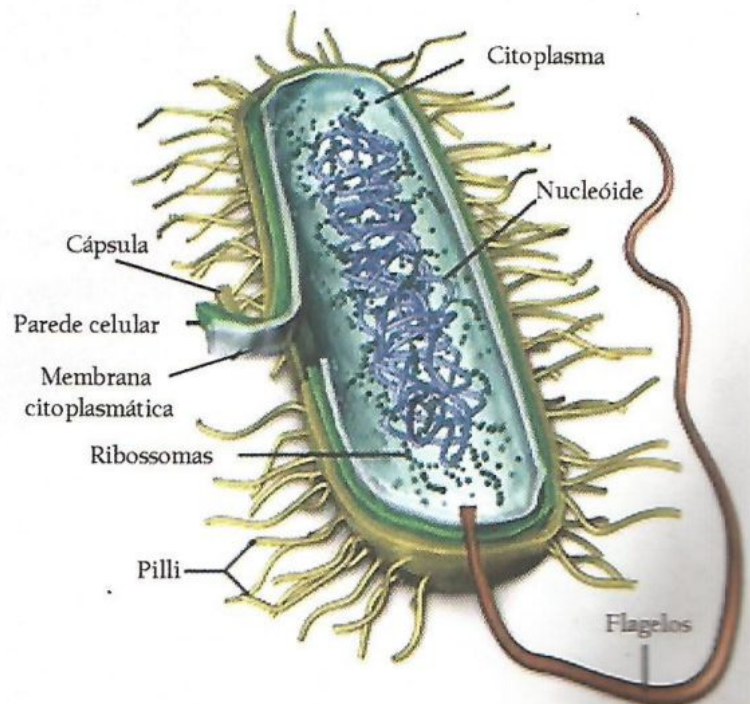
Não apresentam compartimentos membranares no seu interior, ao contrário das células eucarióticas. Apesar de serem estruturalmente mais simples que as eucarióticas, as células procarióticas são funcionalmente complexas, sendo capazes de realizar milhares de transformações bioquímicas.

Os principais constituintes das células procarióticas são:

- **Membrana citoplasmática:** envolve a célula e regula a entrada e saída de materiais, separando-a do seu meio ambiente.
- **Nucleóide:** região da célula onde se localiza o material hereditário (DNA), não sendo rodeada por uma membrana.
- **Citoplasma:** preenche todo o interior da célula, com exceção do nucleóide. É composto por duas partes, uma solução aquosa – citosol ou hialoplasma – com iões dissolvidos, biomoléculas e partículas insolúveis como os ribossomas;
- **Parede celular:** localizada no exterior da membrana citoplasmática, tem uma rigidez que dá suporte à célula e determina a sua forma. A parede celular da maioria das bactérias contém peptidoglicanos com exceção das arqueobactérias, um polímero de açúcares aminados, ligados entre si por pontes de hidrogénio de modo a formar uma gigantesca molécula em volta da célula. Em algumas bactérias existe uma membrana externa, formada por uma camada de fosfolípidos rica em polissacáridos (tal como a membrana citoplasmática, embora esta não actue como uma barreira selectiva e os seus polissacáridos possam causar doenças).
- **Cápsula:** quando existe, localiza-se fora da parede celular. A cápsula é uma estrutura mucosa, composta principalmente por polissacáridos. Este revestimento externo é uma das principais causas de resistência das bactérias, nomeadamente ao ataque dos glóbulos brancos do sistema imunitário de animais que infectam. A cápsula protege da desidratação e pode mesmo aderir a outras células que a bactéria ataca, impedindo-as de fugir. A cápsula não é essencial à vida da célula pois, para além de existirem bactérias que não as produzem, esta pode sobreviver se a perder.
- **Flagelo:** quando existe, é formado por uma proteína – flagelina, e tem função locomotora.

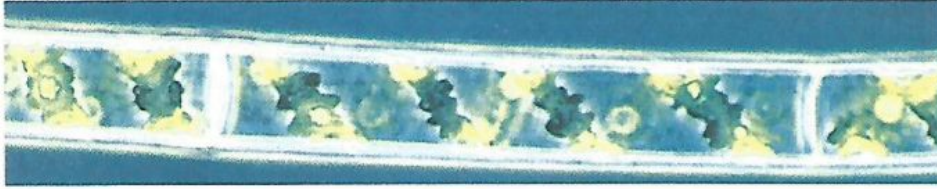
Pilli: semelhantes a flagelos mas mais curtos e numerosos (cerca de 3 ou 4 por célula), têm a função de aderência e transferência sexual. Durante a conjugação, um tipo especial de *pilum*, o *F-pilum*, é usado para transferir material genético de uma bactéria dadora para uma bactéria receptora.

- **Fimbrias:** mais curtas e lineares que os flagelos e *pili*. Usadas para aderir à célula, tanto à outra (durante o acasalamento, por exemplo), como à superfícies ou organismos para a obtenção de alimento e protecção.

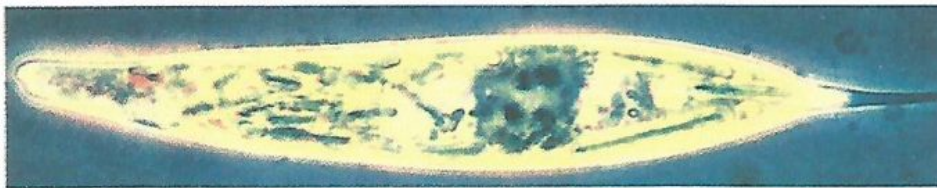


Célula eucariótica

A **célula eucariótica** obtém a sua designação do grego eu = verdadeiro + karyon = núcleo. Estas células existem em quase todos os organismos vivos actuais, com excepção dos pertencentes aos Domínios *Archea* e *Bacteria*.

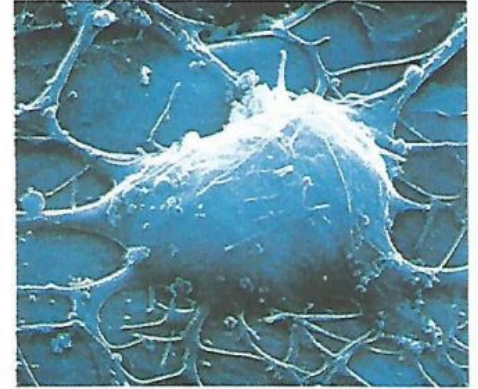


Spirogyra.



Euglena.

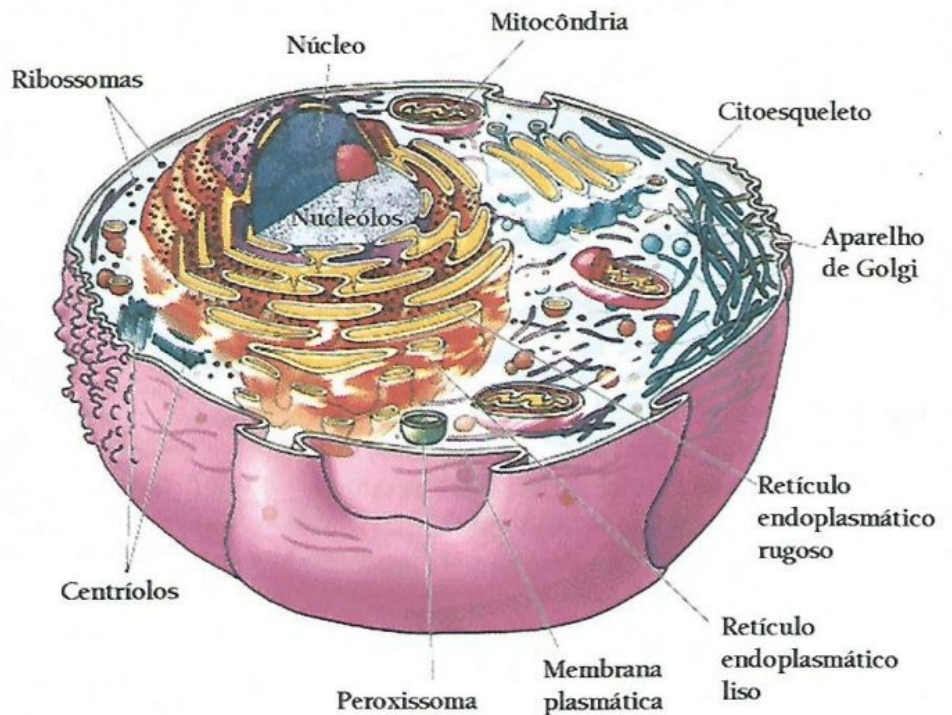
Células eucarióticas.



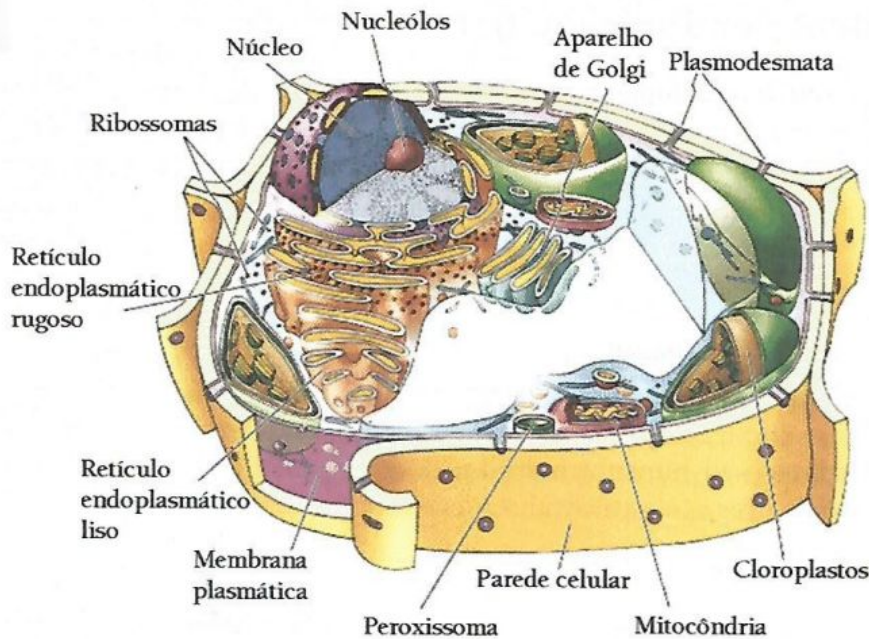
Células nervosas.

Além do núcleo, as células eucarióticas apresentam uma grande variedade de organitos, ausentes nos procariontes, nomeadamente compartimentos membranares com ambientes físico-químicos diferentes do citosol, o que permite a realização de reacções bioquímicas específicas. Outra característica única das células eucarióticas é a presença de citosqueleto, que lhes fornece suporte e mecanismos para o movimento.

Esquema de duas células eucarióticas, uma animal e uma vegetal.



Célula animal.



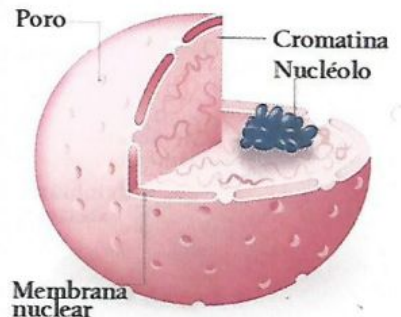
A célula vegetal difere da célula animal por apresentar parede celular, vacuolo, plastídios, realizar fotossíntese e armazenar amido como reserva energética, enquanto as células animais utilizam glicogênio.

Núcleo

O **núcleo** é geralmente o maior organelo da célula, funcionando como centro de controlo da célula e como local onde decorrem a armazenagem e replicação do DNA. Em células metabolicamente activas é frequente observar um ou mais nucléolos, que são corpos densos e arredondados, constituídos por proteínas, RNA associado a proteínas, e DNA e é onde se formam os ribossomas, a partir de proteínas específicas e RNA. Os nucléolos não estão isolados por membranas do resto do núcleo.

O núcleo está envolvido por uma dupla membrana designada invólucro nuclear. Este invólucro é atravessado por numerosos poros com dimensões entre os 3 e os 100nm, que estabelecem a comunicação entre o nucleoplasma e o citosol.

O interior do compartimento nuclear – nucleoplasma – é uma solução aquosa em tudo semelhante ao citosol, que contém uma rede de filamentos associados ao invólucro nuclear e à cromatina.



Cromatina

A **cromatina** é um complexo de DNA e proteínas designadas histonas, organizadas em longos filamentos durante a maior parte do ciclo celular. Apenas durante a divisão celular estes filamentos condensam, formando cromossomas.

Membrana citoplasmática

A **membrana citoplasmática** é responsável pela integridade da célula, bem como pela regulação da passagem de moléculas para o interior e/ou para o exterior. É formada por uma bicamada fosfolipídica onde se encontram embebidas proteínas e outras moléculas (colesterol, por exemplo, em células animais). A membrana envolve todo o compartimento celular que contém o citosol e os organelos.



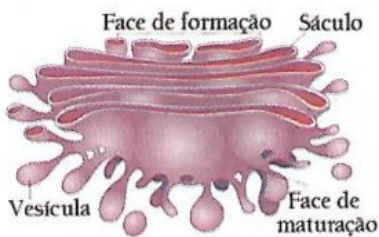


Retículo endoplasmático

O **retículo endoplasmático** é parte do extenso sistema endomembranar que compõe a maioria do citoplasma de uma célula eucariótica. Em certas locais é contínuo com o invólucro nuclear. O retículo pode ser funcional e estruturalmente dividido em retículo endoplasmático rugoso e liso.

O retículo rugoso deve o seu nome ao facto de as suas membranas conterem ribossomas, locais de síntese proteica. As proteínas são lançadas para o interior das membranas, onde serão transformadas ou dirigidas a outras localizações da célula.

O retículo liso não apresenta ribossomas nas suas membranas e nele as proteínas sintetizadas no retículo rugoso são quimicamente alteradas. Ocorrem ainda no seu lúmen a hidrólise do glicogénio, síntese de esteróides e alteração de drogas e outras substâncias nocivas ao corpo.



Aparelho de Golgi

O **aparelho de Golgi** deve o seu nome ao cientista italiano que primeiro o observou ao microscópio óptico composto. É formado por sáculos membranosos achatados designados cisternas e pequenas vesículas.

O aparelho de Golgi recebe do retículo endoplasmático rugoso (R.E.R.) proteínas transportadas em vesículas membranosas. Essas moléculas são, então, separadas e modificadas quimicamente, sendo depois encaminhadas para as suas localizações definitivas. Se se destinam ao exterior da célula são «embaladas» em vesículas que se irão fundir com a membrana plasmática e libertadas para o exterior. Se se destinam ao citoplasma, as vesículas irão fundir-se com outros organitos.



Mitocôndria

A **mitocôndria** é o organito responsável pela transformação da energia contida nos alimentos em energia metabólica (ATP). Estas transformações designam-se, no seu conjunto, respiração celular.

As mitocôndrias têm duas membranas, como o núcleo ou os cloroplastos. A membrana externa é lisa e fornece protecção, embora seja bastante permeável à passagem de substâncias. A membrana interna contém grandes complexos proteicos embebidos, envolvidos na síntese de ATP e na respiração celular. Esta membrana está dobrada em pregas achatadas designadas cristas, que aumentam grandemente a sua área. O número de cristas varia muito com a taxa metabólica da célula em que a mitocôndria se encontra.

A matriz é a região interna da mitocôndria, que se encontra rodeada pela membrana interna. Contém numerosas proteínas envolvidas nos processos respiratórios, bem como ribossomas e DNA, usados na síntese da maioria das suas proteínas.

Peroxisoma

O **peroxissoma** é um organito relativamente pouco conhecido, em que produtos tóxicos para a célula, como peróxido de hidrogénio (água oxigenada), são degradados em produtos inofensivos, como água e oxigénio. Exclusivamente em células vegetais existem organitos semelhantes, designados glioxissomas.



Centrossoma

O **centrossoma** é uma região mais ou menos amorfa, localizada perto do envelope nuclear em células animais. Ao centro desta zona está um par de estruturas cilíndricas designadas centríolos e dispostas em ângulo recto, como um L.

Centríolos

Os **centríolos** estão intimamente relacionados com o movimento celular, seja por meio de flagelos ou de cílios, em cuja base existe sempre um corpo basal, em tudo semelhante ao centríolo típico. Esta relação é confirmada pelo facto de muitas vezes os flagelos ou cílios serem reabsorvidos e os seus corpos basais deslocados para o interior da célula, passando a funcionar como centríolos.

Citosqueleto

Característico das células eucarióticas (e talvez, por estar ausente das bactérias, um factor fundamental no sucesso dos eucariontes), o citosqueleto é formado por um emaranhado de longas fibras de vários tipos, fornecendo suporte e permitindo o movimento (seja da célula ou de organitos ou cromossomas no seu interior) e a alteração de forma.

Devido ao seu elevado dinamismo e interacção com o ambiente, poderia, com a mesma facilidade, designar-se citomusculatura. O citosqueleto é responsável pelo deslizar sobre o substrato, contracção muscular e pelas alterações de forma durante o desenvolvimento embrionário dos animais.

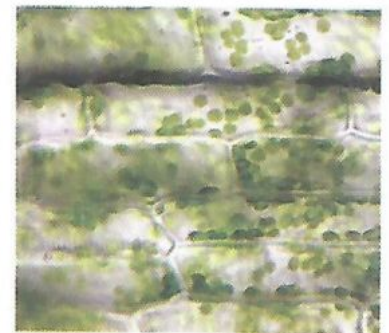
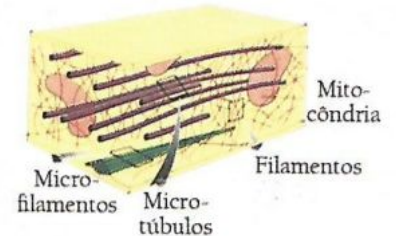
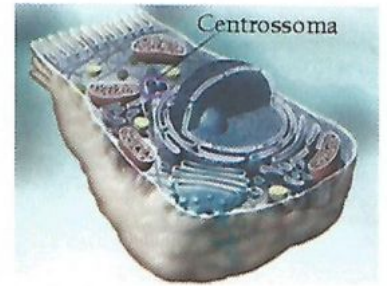
Plastídeos

Os **plastídeos** são característicos das células vegetais e têm uma estrutura característica: são envolvidos por um envelope com duas membranas, a mais interna das quais se diferencia num sistema complexo, e que rodeia uma matriz mais ou menos homogénea, o estroma. Os plastídeos são geralmente classificados segundo o tipo de pigmentos que contêm.

Os **cloroplastos** são plastídeos que existem apenas em células autotróficas, ou seja, nas células vegetais. As células animais, heterotróficas, não produzem cloroplastos mas podem apresentá-los, perfeitamente funcionais, retirados da digestão parcial de células vegetais ou devido a algas verdes que vivem em simbiose nesses tecidos. Esta situação é bastante comum em corais e anémonas.

É o local onde se realiza a fotossíntese, pelo que contém grande quantidade de pigmentos, nomeadamente clorofilas. Uma única célula do mesófilo pode conter até 50 cloroplastos, pelo que 1 mm^2 de folha contém cerca de 500 000. Geralmente localizam-se nos lados longos das células, perto da parede celular.

A sua estrutura faz lembrar a da mitocôndria, pois também apresenta duas membranas. A membrana externa é bastante permeável, permitindo a passagem da maioria das pequenas moléculas. A membrana interna é bem mais selectiva e é onde se localizam os complexos que captam a luz para as



reações fotossintéticas. Forma dobras designadas tilacóides. Quando os tilacóides aparecem empilhados como moedas designam-se grana.

O espaço interno do cloroplasto designa-se estroma e é rodeado pela membrana interna. Neste espaço, tal como na mitocôndria, encontram-se DNA e ribossomas, capazes de comandar numerosas proteínas presentes no cloroplasto. No entanto, o controlo é nitidamente do núcleo, sendo a maior parte do material sintetizado com DNA nuclear e transferido para o plastídio.

Em algas verdes e plantas é frequente encontrar no estroma grãos de amido e/ou pequenas gotas de lípidos. Estes são produtos de armazenamento temporário, quando o organismo fotossintetiza activamente.

Os **cromoplastos** são plastídeos de tamanhos muito diversos que armazenam outro tipo de pigmentos (que não clorofila), principalmente carotenóides. São responsáveis pelas cores amarelas, laranja e vermelha de folhas velhas, flores e frutos maduros. Podem desenvolver-se a partir de cloroplastos em que a clorofila e as membranas internas se desintegram e grandes quantidades de carotenóides são armazenados. A sua função na planta não é bem conhecida, embora sejam fundamentais na atracção de insectos e vertebrados, com os quais as plantas evoluíram.

Os **leucoplastos** são plastídeos não pigmentados. Alguns sintetizam amido – amiloplastos – outros prótidos e mesmo lípidos. Quando expostos à luz transformam-se em cloroplastos.



Parede celular

A **parede celular** é uma estrutura semi-rígida presente nas células vegetais externamente à membrana citoplasmática. É basicamente formada por celulose mas contém igualmente polissacáridos complexos e proteínas.

A parede permite a manutenção da forma da célula vegetal, impedindo a sua lise, é uma barreira bastante eficaz contra ataques de microrganismos patogénicos e ajuda na união entre células vizinhas.

Base molecular da hereditariedade

Em 1869 o químico Miesher extraiu dos núcleos uma nova substância química que denominou nucleína. Ao constatar a natureza ácida deste composto químico, o bioquímico Altman, em 1899, atribuiu a esta substância o nome de **ácido nucleico**.

A análise química do núcleo das células revela a presença de dois tipos de ácidos nucleicos, o ácido desoxirribonucleico – DNA – e o ácido ribonucleico – RNA.

A unidade estrutural dos ácidos nucleicos designa-se nucleótido. Os ácidos nucleicos são importantes porque são os compostos de que são feitos os genes e transportam toda a informação hereditária dum organismo.

Cada nucleótido é constituído por um açúcar, que contém 5 átomos de carbono (pentose), a que se liga uma base azotada e um grupo fosfato. O conjunto formado pela pentose e a base azotada designa-se nucleósido.

Os nucleótidos do DNA são constituídos por ácido fosfórico, a pentose desoxirribose e uma das quatro bases azotadas: adenina (A), timina (T), citosina (C) ou guanina (G).



Fotografia do DNA obtida por difracção dos raios x.

O RNA distingue-se quimicamente do DNA pelo facto de os seus nucleótidos terem como pentose a ribose e como bases azotadas adenina (A), uracilo (U), guanina (G) e citosina (C).

Os vários nucleótidos ligam-se entre si formando longas cadeias de nucleótidos – cadeias polinucleotídicas.

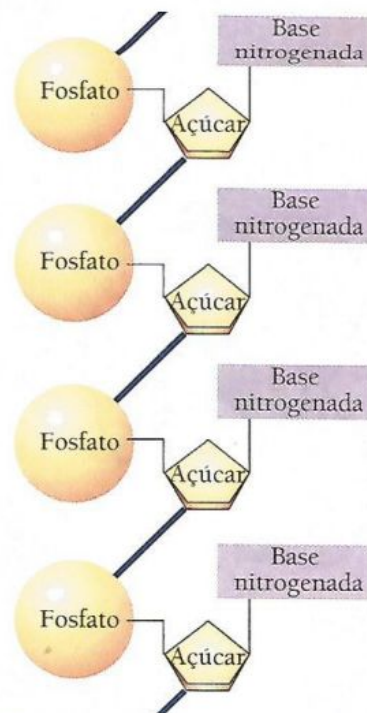
O ADN tem a forma de um escadote enrolado, ou seja, de uma dupla hélice em que os degraus são formados por pares de bases ligadas entre si. A sua estrutura foi proposta na década de 50 por James Watson e Francis Crick em Cambridge, Inglaterra. A descoberta da estrutura do DNA abriu caminho para se compreender como é que a informação genética é transmitida de pais para filhos, ou de uma célula para outra, isto é, como funciona a hereditariedade.

Segundo o modelo de dupla hélice, a molécula de DNA é formada por duas cadeias complementares antiparalelas (com sentidos opostos, designando-se uma por 3'-5' e a outra por 5'-3'), ligadas por pontes de hidrogénio entre as bases azotadas complementares das duas cadeias. As moléculas de açúcar e os grupos fosfato constituem o esqueleto do ácido nucleico, que apresenta uma carga exterior negativa, devido à presença dos grupos fosforilo, desprotonados a valores fisiológicos de pH. A hélice dupla do DNA apresenta um diâmetro aproximado de 2 nm, com um espaçamento entre as bases adjacentes de 0,34 nm.

Existe uma complementariedade entre as bases azotadas, encontrando-se a adenina emparelhada com a timina e guanina com citosina: A-T e G-C.

Tanto as células eucarióticas como as procarióticas possuem DNA com uma estrutura em dupla hélice. Nos seres Procariontes localiza-se, essencialmente, uma molécula de DNA, em forma de anel. No núcleo dos Eucariontes, o DNA está organizado num número variável de cromossomas, contendo cada um uma molécula de DNA enrolada sobre si mesma várias vezes. Existe uma maior quantidade de DNA nas células eucarióticas o que se deve certamente à sua maior complexidade.

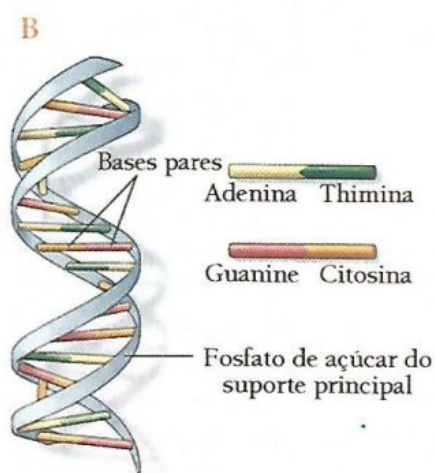
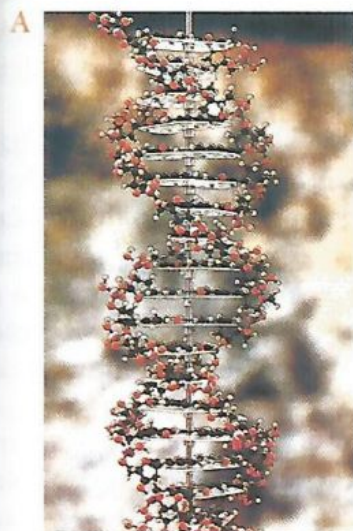
Cada volta da hélice contém dez resíduos de nucleótidos. Contrariamente ao que acontece com a molécula de DNA, o RNA é formado por uma única cadeia polinucleotídica. No entanto, esta cadeia simples pode, em determinadas zonas da célula, dobrar-se sobre si própria. Assim sendo, guanina emparelha com citosina e adenina com uracilo: G – C e A – U.



Representação esquemática duma fracção duma cadeia polinucleotídica de DNA.

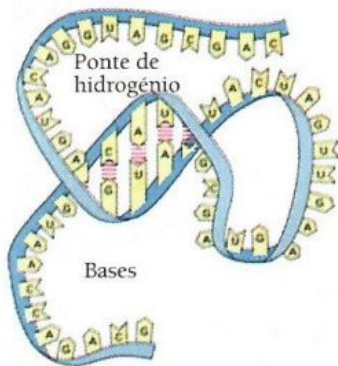


Watson e Crick perante a maquete do modelo original de dupla hélice.



Modelo de dupla hélice:

A – Modelo espacial da dupla hélice
B – Representação esquemática da estrutura helicoidal da molécula de DNA.



Os principais tipos de RNA são os RNAs mensageiros (mRNAs), os de transporte (tRNAs) e os ribossomais (rRNA).

O **RNA mensageiro** codifica proteínas e é importante no processo de tradução.

O **RNA de transporte** faz o transporte de aminoácidos até os ribossomas, onde para a formação das proteínas fazem a conexão códon-aminoácido.

O **RNA ribossómico** faz parte da estrutura do ribossoma, com outras proteínas e catalisa a ligação entre dois aminoácidos na síntese proteica.

O RNA forma uma fita simples que pode formar pontes intracadeia, sendo possível obter-se uma infinidade de arranjos tridimensionais, importantes na sua função.

Diferenças entre DNA e RNA

O DNA diferencia-se do RNA nos seguintes aspectos:

- O açúcar do DNA é a desoxirribose enquanto que o do RNA é a ribose.
- O DNA contém a timina e o RNA a uracil.
- O DNA é um filamento duplo e o RNA é um monofilamento.
- O DNA apresenta uma molécula longa e o RNA uma molécula curta.

Mecanismo da replicação

Replicação

A **replicação do DNA** é um processo bastante complexo e rápido. Consiste na duplicação das moléculas de DNA, sendo efectuado em 3 etapas:

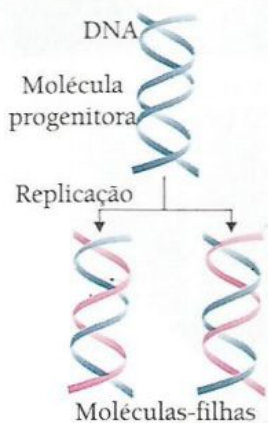
- Iniciação.
- Elongação.
- Terminação.

Este processo é semiconservativo, baseando-se na complementaridade estrutural das bases heterocíclicas constituintes dos nucleótidos do DNA. Segundo esta hipótese, cada uma das moléculas-filhas conserva uma cadeia da molécula progenitora e sintetiza uma nova cadeia.

Nas células eucarióticas, a **síntese** de DNA é efectuada, em simultâneo, em múltiplos locais específicos da cromatina (origens de replicação), sendo catalisada por DNA polimerases. O processo inicia-se pelo desenrolamento e desnaturação localizada do DNA, e as DNA polimerases catalisam a reacção de condensação dos nucleótidos precursores, de acordo com a sequência nucleotídica da cadeia simples de DNA molde. Para a actuação das DNA polimerases é necessária a síntese de um pequeno fragmento de RNA (designado iniciador ou *primer*).

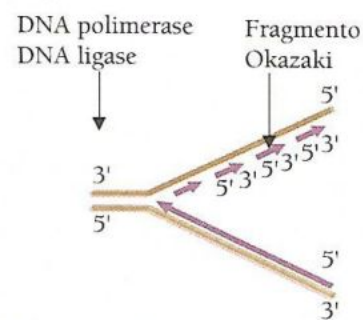
A **polimerização das cadeias** de DNA ocorre nos dois sentidos, a partir de cada origem de replicação, com formação de duas forquilhas de replicação que se deslocam em direcções opostas. Uma vez a polimerização

HIPÓTESE SEMICONSERVATIVA



Replicação do DNA, segundo a semiconservativa.

sequencial dos percursos ser apenas num sentido (no sentido 5'-3'-OH), a replicação dá-se de forma contínua (a cadeia condutora ou *leading*) enquanto que a outra (cadeia *lagging*) é sintetizada de forma descontínua, sob a forma de fragmentos interrompidos (fragmentos de Okazaki) a partir dos iniciadores de RNA. Os segmentos de RNA iniciadores são posteriormente removidos através da actividade nucleásica de uma DNA polimerase específica, que de seguida sintetiza DNA, preenchendo desta forma as regiões inicialmente ocupadas pelos *primers*. Posteriormente, a DNA liga-se e assegurando a continuidade das cadeias sintetizadas de novo, através da catálise das ligações fosfodiéster entre os vários fragmentos de DNA.



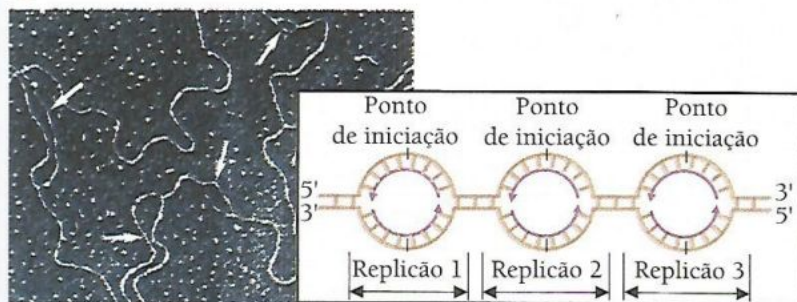
Mecanismo básico de replicação do DNA

A forma e estrutura da célula, bem como toda a sua actividade metabólica, são determinadas pela presença de proteínas.

As células possuem uma grande diversidade de proteínas cuja função depende da sua conformação espacial, que é determinada por uma sequência específica de aminoácidos.

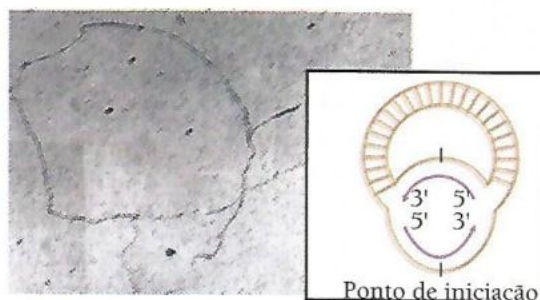
Como as proteínas não têm capacidade para se autoreplicarem e a sua funcionalidade depende, rigorosamente, da ordem e do tipo de aminoácidos constituintes, é necessário um controlo do mecanismo da síntese de proteínas.

A



Comparação entre o processo de replicação do DNA em células eucarióticas (A), e em células procarióticas.

B



Código genético

O DNA contém a informação genética necessária para especificar a sequência de aminoácidos nas proteínas.

Tanto moléculas de DNA como as proteínas caracterizam-se por serem macromoléculas constituídas por sequências específicas de moléculas mais simples.

Nos ácidos nucleicos as unidades estruturais são os nucleótidos, nas proteínas são os aminoácidos. Isto significa que enquanto nos ácidos nucleicos há apenas um alfabeto de 4 letras, que são as quatro bases azotadas presentes nos nucleótidos, nas proteínas existem vinte letras diferentes, correspondentes aos vinte aminoácidos existentes nos seres vivos.

Tendo conhecimento de que as informações básicas para a síntese de proteínas estão contidas nas moléculas de DNA, será necessário haver uma tradução da linguagem do DNA para a linguagem das proteínas, o que implica a existência de um código genético.

Esse código só pode residir na sequência de nucleótidos, que vai determinar a sequência de aminoácidos na proteína. No entanto, põe-se o problema de se saber como é que um «alfabeto» de 4 letras, as bases dos

nucleótidos, pode determinar a formação de «palavras» que usam um alfabeto de vinte «letras», os aminoácidos.

É evidente que, com um código em que cada letra nucleotídica correspondesse a um aminoácido, só poderíamos usar quatro aminoácidos para a escrita.

A correspondência de dois nucleótidos para um aminoácido ainda se revela insuficiente, na medida em que apenas permite obter 16 combinações ($4^2 = 16$). Pelo contrário, um código de três «letras» origina 64 combinações possíveis ($4^3 = 64$), mais do que as necessárias para designarem os 20 aminoácidos.

Código simples
(4 letras – bases dos nucleótidos)

A T G C

Código duplo

A	A	T	A	G	A	C	A
A	T	T	T	G	T	C	T
A	G	T	G	G	G	C	G
A	C	T	C	G	C	C	C

Código triplo

A	A	A	A	A	G	A	A	C	A	A	T	T	A	A	T	A	G	T	A	C	T	A	T
A	G	A	A	G	G	A	G	C	A	G	T	T	G	A	T	G	G	T	G	C	T	G	T
A	C	A	A	C	G	A	C	C	A	C	T	T	C	A	T	C	G	T	C	C	T	C	T
A	T	A	A	T	G	A	T	C	A	T	T	T	T	A	T	T	G	T	T	C	T	T	T
G	A	A	G	A	G	G	A	C	G	A	T	C	A	A	C	A	G	C	A	C	C	A	T
G	G	A	G	G	G	G	G	C	G	G	T	C	G	A	C	G	G	C	G	C	C	G	T
G	C	A	G	C	G	G	C	C	G	C	T	C	C	A	C	C	G	C	C	C	C	C	T
G	T	A	G	T	G	G	T	C	G	T	T	C	T	A	C	T	G	C	T	C	C	T	T

As combinações possíveis de um código de 4 letras.

Admite-se, pois, que cada aminoácido é codificado por um conjunto de três nucleótidos, designado por tripleto. Embora cada tripleto designe sempre o mesmo aminoácido, cada aminoácido pode ser codificado por diferentes tripletos, existindo ainda alguns que não codificam qualquer aminoácido e se comportam como sinais de iniciação ou terminação da mensagem.

Inúmeras observações ao microscópio electrónico e análises de fracções de conteúdos celulares mostraram que a síntese proteica ocorre a nível dos ribossomas.

Por a maior parte da informação genética se encontrar no núcleo, os cientistas questionaram-se sobre como ocorreria a transferência da informação do núcleo para o citoplasma. Assim, admitiram a existência de um «mensageiro» entre o DNA e a «fábrica de proteínas» – os ribossomas.

A informação genética é então copiada – transcrita – do DNA para o «mensageiro» identificado como sendo uma pequena fracção de RNA, o RNA mensageiro (mRNA), que a transporta do núcleo para o citoplasma, onde é capaz de dirigir a síntese da proteína – tradução da «mensagem» genética.

Após a descoberta da existência duma relação entre a sequência de nucleótidos do RNA mensageiro e a sequência de aminoácidos na cadeia polipeptídica, os cientistas admitiram que decifrando o mRNA ficaria igualmente decifrado o código do DNA.

As características do código genético são as seguintes:

- Cada aminoácido é codificado por um tripleto chamado codão.
- Dos 64 codões, 61 especificam aminoácidos e 3 são codões de terminação (UAA, UAG e UGA).
- O codão AUG, que especifica o aminoácido metionina, é o codão iniciador de todas as cadeias polipeptídicas.
- Cada codão codifica apenas um aminoácido, mas diferentes codões podem codificar um mesmo aminoácido.

- Os codões são consecutivos (AAA CAA CAC UUU). Por esta característica poder originar uma tradução incorrecta da mensagem, existe um codão de iniciação, AUG, a partir do qual se faz a leitura.

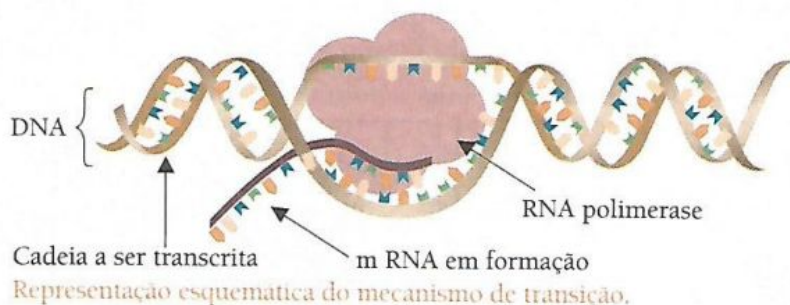
Com algumas excepções, o código genético parece ser universal, isto é, o significado de cada codão é o mesmo para a maioria dos organismos conhecidos.

Transcrição

A **transcrição** é a síntese do RNA mensageiro (mRNA), RNA ribossomal (rRNA) e RNA de transferência (tRNA), a partir do DNA e consiste em três etapas:

- Iniciação.
- Elongação.
- Terminação das cadeias polinucleotídicas de RNA sintetizado.

Na síntese do mRNA, uma enzima liga-se ao DNA por reconhecimento de promotores que são sequências específicas que se encontram no DNA a montante do local de iniciação da transcrição.



Após ligação, a cadeia dupla helicoidal de DNA sofre desenrolamento e desnaturação, possibilitando deste modo a formação de duas cadeias simples de DNA, uma das quais servirá de molde para a síntese do mRNA.

De seguida, os nucleótidos livres são ligados entre si de forma sequencial pela acção de uma enzima.

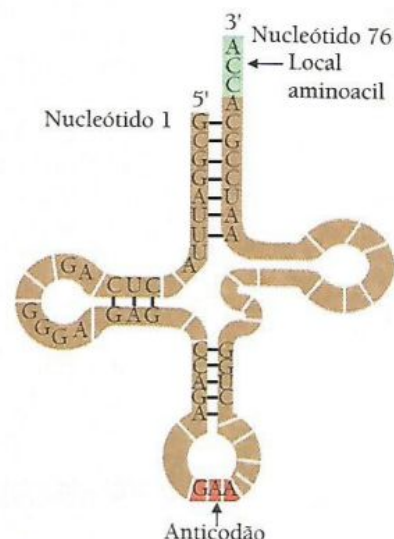
O processo termina quando a mesma enzima encontra uma sequência de terminação específica.

Em eucariotas, o mRNA é sintetizado numa forma «imatura», o hnRNA (RNA nuclear heterogéneo), o qual posteriormente é sujeito no núcleo da célula a um processamento.

Por fim, o mRNA processado é transportado do núcleo para o citoplasma da célula, onde ocorre a tradução da informação genética nele contida.

Tradução

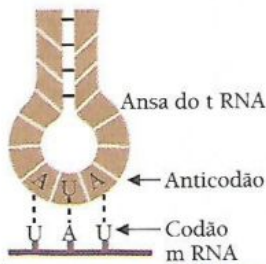
Através do processo de transcrição ocorre a síntese não só do RNA mensageiro, mas também do RNA ribossómico (rRNA) e do RNA de transferência (tRNA). Todos estes tipos de RNA intervêm na tradução da informação genética que decorre no citoplasma ao nível de ribossomas.



Representação simplificada da estrutura do tRNA.

Os ribossomas são organelos celulares que se encontram livres no citoplasma ou associados às membranas do retículo endoplasmático (este tipo de retículo endoplasmático chama-se então retículo endoplasmático rugoso).

A simples associação de mRNA, ribossomas e aminoácidos não permite a formação de proteínas. Cada codão do mRNA e o respectivo aminoácido são incapazes de se «reconhecer» directamente, portanto, é necessário haver um «adaptador» que possibilite esse reconhecimento. A função do tRNA é precisamente a de servir de ponte entre aminoácidos e o mRNA. Enquanto a cadeia de mRNA é linear, a cadeia do tRNA encontra-se dobrada sobre si mesma, em forma de «folha de trevo» e apresenta quatro braços.



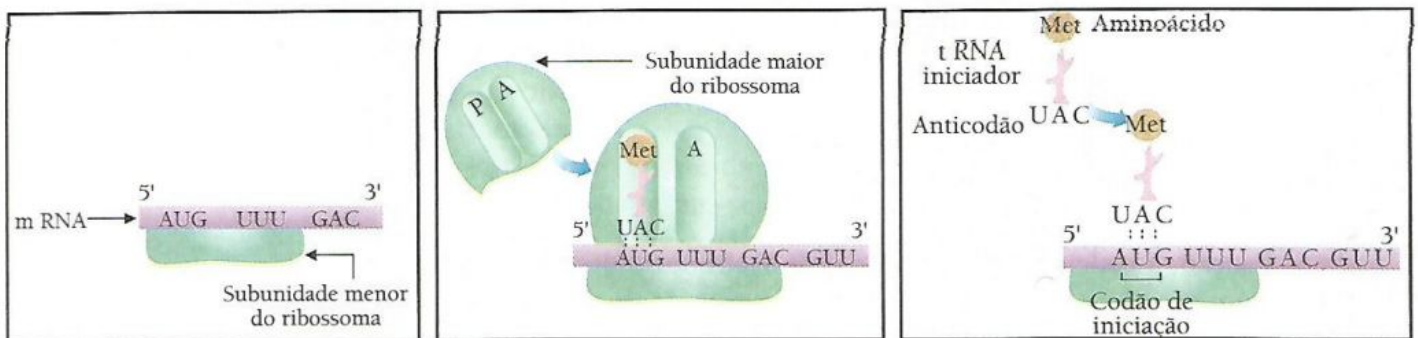
Relação entre o codão específico do mRNA e o seu anticodão no tRNA correspondente.

Esta configuração da molécula permite-lhe fixar um aminoácido específico (*local aminoacid*) e reconhecer o codão do mRNA (anticodão).

A tradução ocorre em três etapas:

- Iniciação.
- Alongamento.
- Terminação.

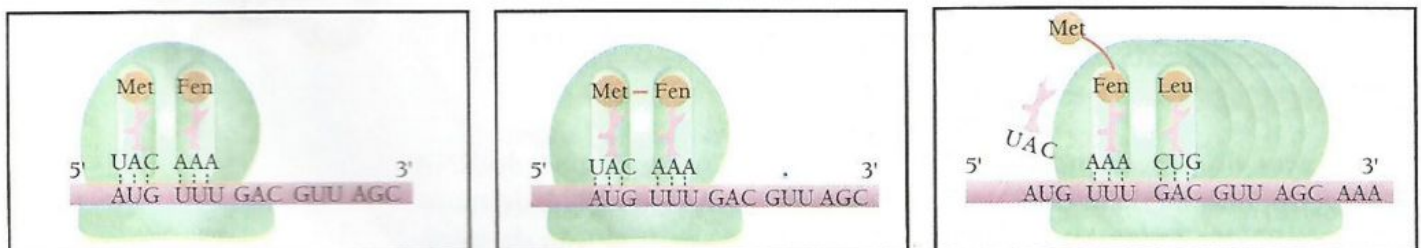
A **iniciação** começa pela ligação do mRNA à subunidade menor do ribossoma, de seguida a subunidade menor do ribossoma desliza ao longo da cadeia do mRNA até que o codão AUG (codão de iniciação) seja reconhecido pelo anticodão UAC do tRNA iniciador, que transporta o aminoácido metionina; posteriormente, a subunidade maior do ribossoma liga-se à subunidade menor, tornando-se o ribossoma funcional.



Iniciação.

O **alongamento** da cadeia peptídica consiste na repetição de três eventos:

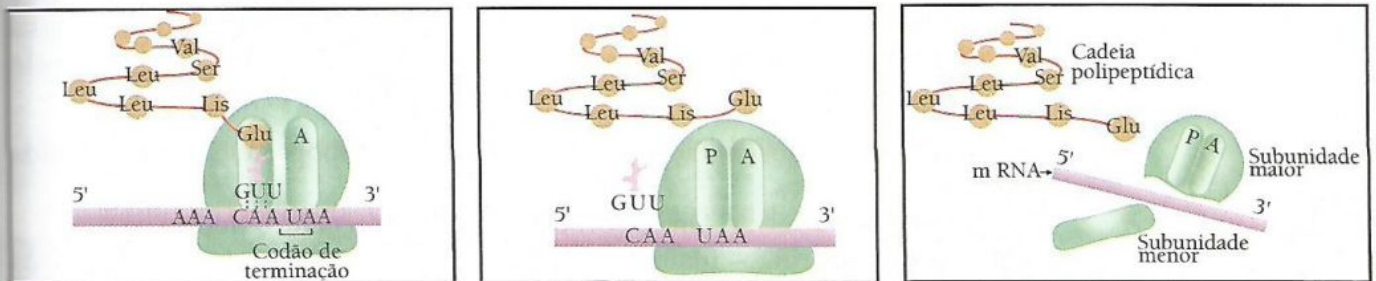
- Fixação do ribossoma de um novo tRNA, transportando um aminoácido havendo um factor de alongamento.
- Formação de uma ligação peptídica entre os aminoácidos catalisada por uma enzima do ribossoma.
- Deslocamento do ribossoma ao longo de três nucleótidos do mRNA.



Alongamento.

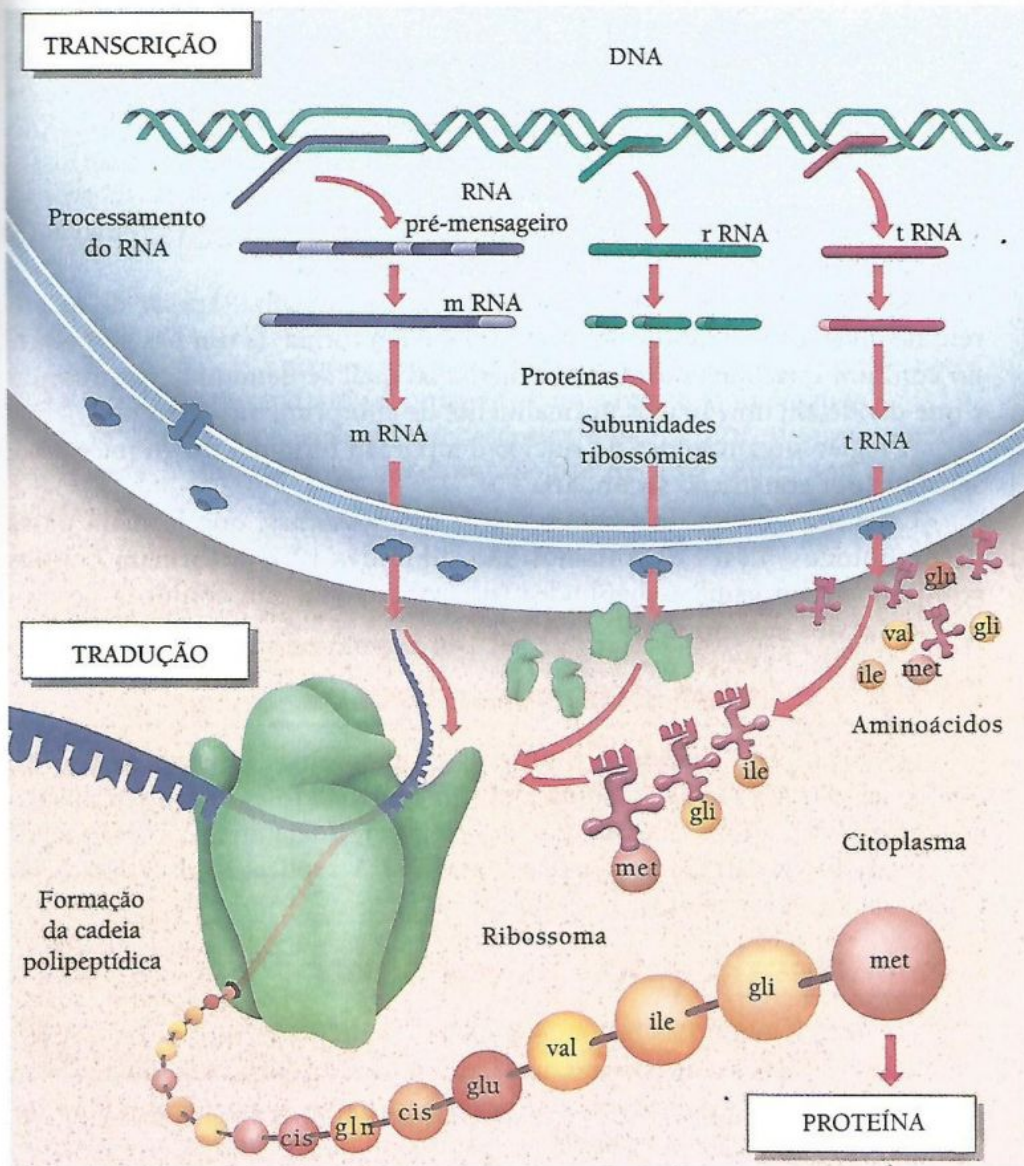
O processo de tradução **termina** quando o ribossoma, no seu deslocamento ao longo da molécula de mRNA, encontra um dos codões de terminação (UAA, UAG ou UGA).

Por fim as subunidades do ribossoma podem ligar-se a uma molécula de mRNA, iniciando-se todo o processo da tradução e síntese de uma nova proteína.



Terminação.

Segue-se o esquema de todo o processo da síntese proteica.



Esquema global da síntese proteica em eucariontes

Cromossomas

Estrutura do núcleo

Nos seres eucariotas, o núcleo é geralmente único e aproximadamente esférico. Apresenta membrana nuclear, suco nuclear, filamentos de cromatina e nucléolos. Nos seres procariotas o material nuclear está espalhado pelo citoplasma.

- **Membrana nuclear** – membrana dupla, lipoprotéica, interrompida por poros.
- **Suco nuclear** – massa semilíquida que preenche o núcleo.
- **Cromatina** – filamentos formados por DNA e proteínas. Forma os cromossomas durante a divisão celular.
- **Núcleolo** – corpúsculo constituído por RNA ribossômico e proteínas e presente no núcleo interfásico.
- **Núcleo interfásico** – período de síntese de RNA e duplicação do DNA.

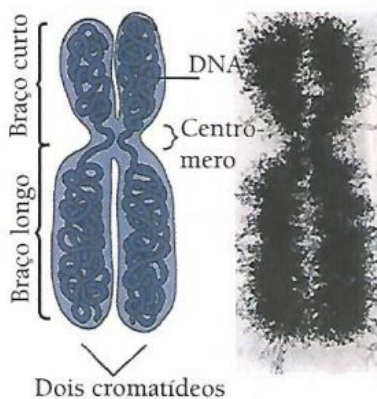
Organização dos cromossomas

Os **cromossomas** são estruturas formadas pela condensação da cromatina quando se aproxima o momento da divisão celular. A cromatina é constituído por DNA associado a proteínas específicas.

Todos os cromossomas têm uma forma semelhante, apesar de existirem de diversos tamanhos. Basicamente são em forma de um bastão pequeno com um estreitamento na zona média ao qual se denomina **centrómero** e que divide em dois braços normalmente de comprimento diferente.

A região organizadora do núcleo é a porção terminal do cromossoma, separada por constrição secundária.

Cada núcleo tem dois conjuntos de cromossomas, que formam pares de homólogos. Esses organismos são diplóides ($2n$) e formam células reprodutoras ou gâmetas haplóides (n), com apenas um conjunto de cromossomas dos eucariontes.



Esquema de um cromossoma.

Cromossomas dos eucariontes

Os eucariontes possuem múltiplos cromossomas lineares dentro do núcleo celular. Cada cromossoma tem um centrómero e, durante a divisão celular, apresenta dois braços (que representam, inicialmente, cópias idênticas) saindo do centrómero, os cromatídeos. A replicação do DNA pode iniciar-se em vários pontos do cromossoma.

Cromossomas dos procariontes

Os cromossomas das bactérias podem ser circulares ou lineares. Algumas bactérias possuem apenas um cromossoma, enquanto outras têm vários. O DNA bacteriano toma por vezes a forma de plasmídeos, cuja função não se encontra bem definida.

Estrutura dos cromossomas das células eucarióticas

Os cromossomas encontram-se no núcleo da célula e são moléculas de DNA associadas a proteínas designadas histonas. As proteínas representam mais de 50% da totalidade do cromossoma e são responsáveis pela forma física do cromossoma, regulando também a actividade do DNA que transporta a informação genética.

Cada porção de DNA associados às histonas constitui um filamento de cromatina. Estes filamentos encontram-se, quase sempre, dispersos no núcleo da célula.

Nalguns períodos da vida celular, cada cromossoma é formado por uma única molécula de DNA associada a proteínas, ou seja, um cromátídeo. Noutros períodos, o DNA duplica e o cromossoma fica constituído por 2 cromátídeos, ligados pelo centrómero.

Quando a célula se encontra em divisão, os cromossomas sofrem espiralização (condensação), originando filamentos curtos e espessos observáveis ao microscópio óptico. Na condensação o DNA enrola-se em torno das histonas formando nucleossomas, conduzindo à formação de cromossomas no seu estado mais condensado constituídos por 2 cromátídeos.

Quando, pelo contrário, o cromossoma se apresenta distendido, é fino e de difícil visualização ao microscópio óptico.

Cariótipo

A palavra *karyotype* (**cariótipo** em português) é derivada da palavra grega «*karyon*» para nó e «*typos*» para forma.

O **Cariótipo** é a representação do conjunto de cromossomas presentes numa célula de um indivíduo, ordenados em pares de homólogos.

Cariótipo é a constante cromossómica diplóide ($2n$) de uma espécie. Representa o número total de cromossomas de uma célula somática (do corpo).

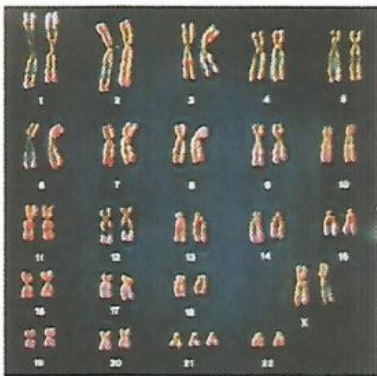
Na espécie humana existem 46 cromossomas nas células somáticas ($2n = 46$).

Cada espécie, além de possuir um determinado tipo, tem também um número constante de cromossomas.

Números de cromossomas em diferentes espécies

Especie	2n de cromossomas	Especie	2n de cromossomas
Drosófila	8	Humano	46
Coelho	44	Macaco	48
Caracol	24	Rato	44
Minhoca	32	Cavalo	64
Porco	40	Galo	78
Trigo	42	Borboleta	380

Os cromossomas numa célula estão geralmente indistintos o que torna difícil o seu estudo. Os bioquímicos usam uma técnica para resolver este problema, empregando corantes para os poderem fotografar.



Cariotipo humano.

Depois recortam a fotografia e dispõem os cromossomas em pares homólogos. Estes estão ordenados por tamanhos.

Os cromossomas são responsáveis pela transmissão hereditária. Neles são localizadas unidades estruturais, os genes. Os genes contêm uma determinada informação, a informação genética. Esta informação é transmitida ao longo das gerações através do processo da reprodução, quer a nível do indivíduo, quer a nível das suas células. Sendo assim, os descendentes recebem dos progenitores a sua informação biológica como se tratasse de uma herança: os progenitores transmitem e os descendentes herdam.

Com a descoberta dos genes alterou-se a perspectiva de estudo da transmissão das características hereditárias, que passou da hereditariedade (ciência da herança) à genética (ciência do gene).

Divisão celular

Mecanismo através do qual as células se multiplicam dando origem a outras células. A célula que se divide chama-se célula original ou mãe, as novas células são as filhas.

Durante a divisão celular, dois aspectos importantes acontecem:

- Divisão do núcleo (cariotomia ou cariocinese).
- Divisão do citoplasma (citocinese ou citodierese).

Processos da divisão celular:

- Mitose
- Meiose



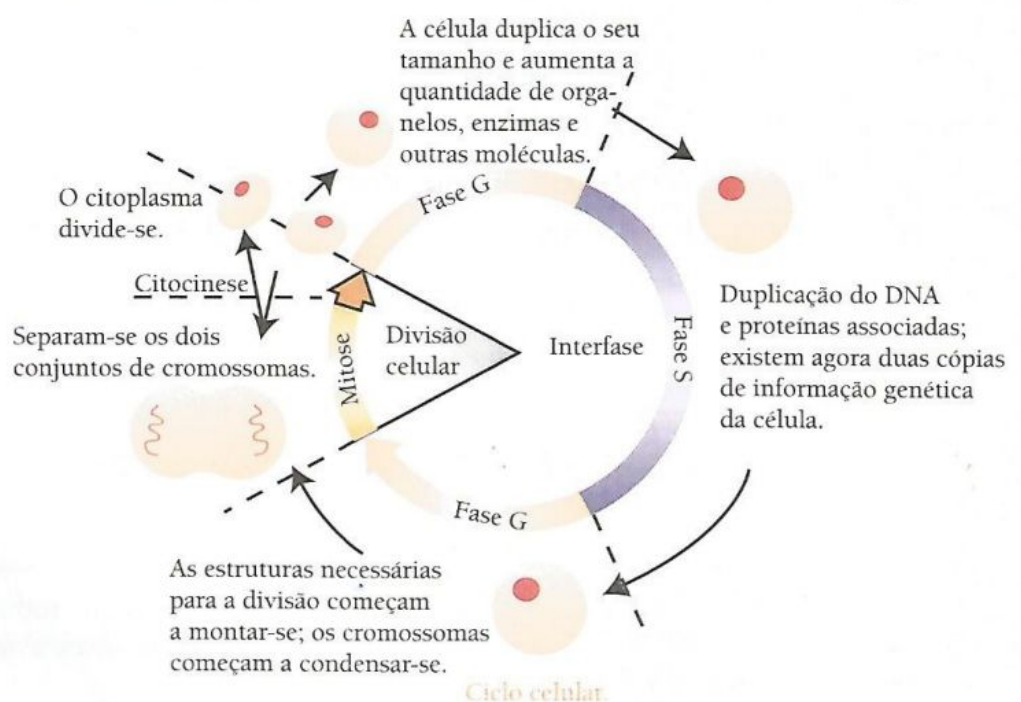
A divisão celular contribui para o crescimento do tecido da raiz.

Ciclo Celular

O ciclo celular é o conjunto de processos que acontecem numa célula viva entre duas divisões celulares e consistem na:

- Interfase.
- Fase mitótica.

A fase mitótica inclui a mitose e a citocinese.



Ciclo celular.



Brotamento em leveduras.



A divisão celular contribui para a regeneração da cauda do lagarto.

Mitose

A **mitose** é o processo de divisão celular caracterizado pela duplicação de todos os componentes celulares e pela distribuição uniforme desses elementos nas células-filhas.

Na mitose uma célula original $2n$ dá origem a duas células-filhas também $2n$. São idênticas entre si e idênticas à célula original, pois conservam o mesmo número de cromossomas.

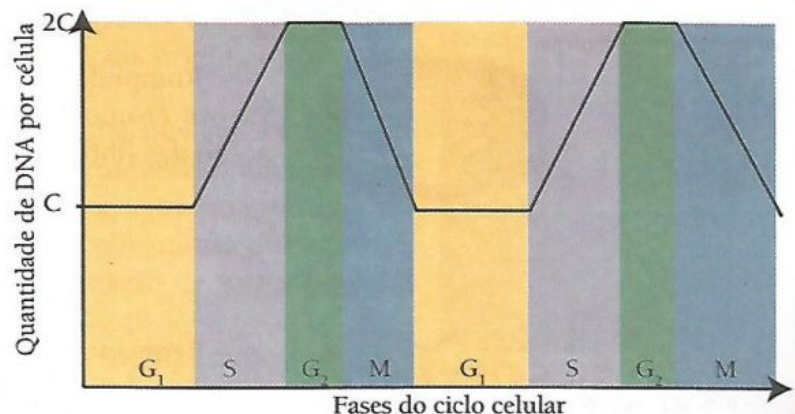
A mitose garante a reprodução dos organismos unicelulares e o crescimento por aumento do número de células dos organismos pluricelulares. Actua também na renovação dos tecidos e na regeneração.

Interfase

A vida de uma célula resume-se ao momento a partir do qual ela é originada por divisão celular até ao momento em que se divide ou morre.

A interfase corresponde ao período entre duas divisões sucessivas; conclui-se, então, que geralmente a célula passa a maior parte da sua vida nesta fase que se divide em três etapas:

- No final da divisão celular resultam duas células pequenas que necessitam de crescer, o que acontece com uma intensa síntese de novas moléculas através da transcrição e tradução. É nesta fase que as células exercem a sua função, ou seja, é o seu período funcional, o de produção de numerosos organelos celulares. A este período dá-se o nome de **G₁** – Fase pós-mitótica.
- A etapa seguinte é a **S** – Fase de síntese, onde as células já crescidas que se tornarão a dividir produzem cópias de DNA para as células-filhas que irão resultar da próxima divisão. Portanto, esta é a fase onde ocorre a replicação do DNA e todos os filamentos de cromatina tornam-se duplos, apresentando os cromatídeos ligados por um centrómero.
- As células que não se tornarão a dividir ficam na fase **G₀**, por exemplo: neurónios e fibras musculares cardíacas.
- Após a fase S, a célula produz moléculas necessárias à nova divisão (centríolos); a esta etapa dá-se o nome de **G₂** – Fase pré-mitótica.



Variación de quantidade de DNA por célula.

Fase mitótica

A mitose é um período de baixa actividade metabólica, durante o qual o DNA é repartido igualmente por duas células-filhas. Pode ser dividida também em várias fases, a saber:

- Profase.
- Prometáfase.
- Metafase.
- Anáfase.
- Telófase.

Profase

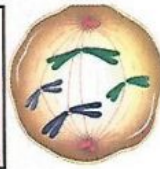


A profase é a etapa mais longa da mitose e inicia com a duplicação dos centrossomas (onde ficam os centríolos). Pode ser dividida em duas fases.

No início da profase ocorre a individualização dos cromossomas com os respectivos cromátídeos, devido ao enrolamento da cromatina. Dá-se o desaparecimento progressivo dos nucléolos e da membrana nuclear.

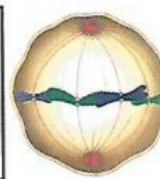
No fim da profase, a condensação da cromatina continua, formando-se o fuso acromático a partir de uma série de fibrilhas proteicas. Nas células animais, os centríolos dirigem-se para os pólos.

Prometáfase



Esta etapa é intermédia à profase e à metafase. Ocorre o total rompimento da carioteca e os cromátídeos fixam-se às fibrilhas do fuso acromático através dos centrómeros.

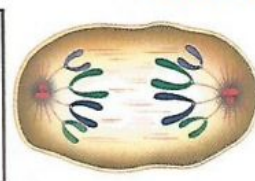
Metafase



Os cromossomas atingem o máximo de condensação. Nesta fase podem ser contados e fazer-se o cariótipo.

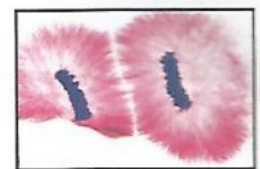
Na metafase clássica, os cromossomas colocam-se no equador celular formando a placa equatorial.

Anafase



Rompimento dos centrómeros e separação dos cromátídeos (agora cromossomas-filhos) para pólos opostos da célula, por acção das fibrilhas do fuso acromático.

Telofase



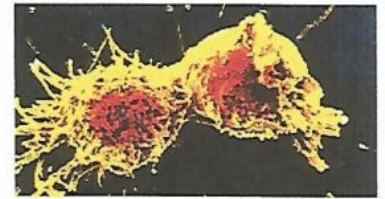
Reorganização dos dois núcleos-filhos. É, de certo modo, o contrário da profase: descondensa os cromossomas em cromatina, refaz o invólucro nuclear e o nucléolo reaparece.

Citocinese

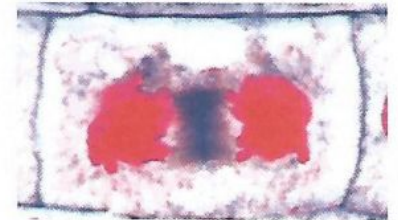


A citocinese ocorre no final da mitose. O citoplasma é dividido. O citoplasma e os respectivos organitos são repartidos pelas duas células-filhas. Esta divisão pode iniciar-se durante a anafase.

- **Citocinese animal:** na região equatorial das células animais há microfilamentos de actina que se contraem e estrangulam o citoplasma. A citocinese é centrípeta (de fora para dentro).
- **Citocinese vegetal:** a parede celular não é flexível, não sendo possível o estrangulamento da célula vegetal. O complexo de Golgi liberta vesículas de secreção cheias de pectina (fragmoplastos) que são depositadas a partir do meio do citoplasma, fundem-se e o seu conteúdo forma uma placa de pectina, em torno da qual se deposita mais tarde a celulose. Originam-se, assim, as paredes celulares das duas células-filhas. De um e outro lado, reconstituem-se as respectivas membranas plasmáticas.



Citocinese em célula animal.



Citocinese em célula vegetal.

Apesar de o processo mitótico ser idêntico nas células animais e vegetais, existem algumas diferenças que se apresentam no quadro seguinte.

Mitose animal	Mitose vegetal
Centríolos presentes.	Centríolos ausentes.
Formação de áster.	Não há formação de áster.
A citocinese ocorre por estrangulamento do citoplasma.	Na citocinese não pode ocorrer estrangulamento do citoplasma, havendo formação de um septo separação de natureza celulósica.
Ocorre na generalidade dos tecidos dos animais.	Ocorre apenas em zonas específicas de crescimento – os meristemas.

Importância biológica da mitose

A **mitose** está na base de qualquer processo de crescimento, de renovação tecidual, de regeneração celular e ainda de reprodução assexuada.

Nos **processos de crescimento**, é por mitoses sucessivas que, a partir de um ovo ou zigoto, se forma o embrião, que depois origina o indivíduo multicelular.

A **renovação tecidual** é um processo constante nos seres vivos, que implica a substituição das células, que permanentemente morrem, por novas, como acontece, por exemplo, na pele, no sangue ou no intestino.

Nos **processos de regeneração**, é igualmente por mitose que se originam as células que nos animais vão permitir a formação de partes perdidas ou amputadas e a cicatrização de feridas

A **cultura de tecidos *in vitro*** é um processo de multiplicação vegetativa que se baseia na capacidade que as células vegetais têm de originar plantas iguais àquelas de que provêm, desde que incluídas em meios de cultura apropriados. Este fenómeno, só conhecido no mundo vegetal, resulta do facto de todas as células de um organismo terem uma informação genética.

A técnica da multiplicação *in vitro* é uma das biotecnologias mais sedutoras, pois permite multiplicar indefinidamente uma planta, a partir de fragmentos de órgãos ou mesmo de células isoladas. Além disso, constitui um poderoso meio de, a partir de variedades seleccionadas, obter rapidamente réplicas das plantas desejadas, praticamente sem doenças e geneticamente homogéneas.



Enxerto na árvore de litchis.



Estrela do mar.



Cada réplica origina uma nova Chlorophyton.

Actualmente, as técnicas de cultura *in vitro* têm vindo a ser aperfeiçoadas, a fim de serem utilizadas não só para fazer uma rápida multiplicação de plantas mas também de animais.

Com estas técnicas de clonagem a partir de poucas células de um indivíduo, é possível obter *in vitro* colónias que posteriormente irão originar numerosos indivíduos.

É deste modo que hoje são reproduzidas muitas plantas em viveiros e, embora com menos frequência, se produzem em pecuária um maior número de indivíduos de raças com interesse económico.



Orquideas desenvolvidas a partir de folhas.



Multiplicação da planta do tabaco por cultura de tecidos, a partir de um tecido indiferenciado retirado de um caule.

Resumindo, a análise de todos estes processos biológicos de multiplicação celular permite-nos concluir que as células de um organismo adulto possuem a mesma informação do zigoto a partir do qual se desenvolveram, uma vez que, em cada mitose, se formam dois núcleos-filhos como número de cromossomas do núcleo original. Atendendo a que cada cromossoma se forma a partir de outro cromossoma «progenitor» por replicação do seu DNA, sendo por isso portador da mesma informação genética, a importância fundamental da mitose no mundo biológico resulta essencialmente do facto de este processo de divisão nuclear garantir a continuidade genética das espécies.

Meiose

A meiose é o processo de divisão celular durante o qual os cromossomas homólogos de uma célula diplóide se separam; no final desta divisão, formam-se quatro células-filhas haplóides, cada uma das quais contém um cromossoma de cada um dos pares de cromossomas homólogos presentes na célula inicial. Deste modo, a meiose assegura a redução do número de cromossomas para metade, ou seja, uma redução cromática, em que o número de cromossomas passa de $2n$ para n .

Tal como a mitose, a meiose é, no fundamental, um processo nuclear que envolve duas divisões sucessivas, designadas meiose I e meiose II, durante as quais, a partir de um núcleo diplóide, se obtêm 4 núcleos haplóides. Normalmente, as divisões do núcleo são acompanhadas pela divisão do citoplasma.

Qualquer processo de meiose, à semelhança da mitose, é sempre antecedido por uma interfase, durante a qual há replicação do DNA. Note que entre a meiose I e a meiose II nunca ocorre replicação do DNA.

Apesar de a meiose ser um processo contínuo, em cada uma das divisões considera-se a existência de 4 etapas: profase, metafase, anafase e telofase. A sua distinção faz-se usando os números I e II, conforme estas correspondam à primeira ou segunda divisão.

A profase I é a fase mais complexa da meiose, durante a qual ocorrem alguns dos mais importantes fenómenos da meiose, chegando a ocupar cerca de 90 % do tempo total.

O diagrama que se segue permite compreender os principais acontecimentos das fases da meiose. Nele estão apenas representados dois pares de cromossomas homólogos, um maior e outro mais pequeno. Os cromossomas roxos provêm de um dos progenitores, por exemplo a mãe, e os verdes provêm do outro progenitor, que será o pai.

Fases da meiose

Meiose I

Profase I (início)

- Inicialmente ocorre uma fraca espiralização da cromatina pelo que os cromossomas se apresentam finos e longos, não sendo visíveis os cromatídeos.
- Os cromossomas homólogos emparelham.

Profase I (continuação)

Intensifica-se a espiralização da cromatina, ficando os cromossomas mais curtos e grossos; por esta razão passam a ser visíveis os cromatídeos.

- Ocorre o fenómeno do *crossing-over* com a respectiva formação de **pontos de quiasma**, que conduzem à troca de material genético.

Profase I (fim)

Os cromossomas homólogos começam a afastar-se a partir da zona dos centrómeros, evidenciando o fenómeno do *crossing-over* e os pontos de quiasma.

- Desaparece a membrana nuclear e os nucléolos.
- Inicia-se a formação do fuso acromático.

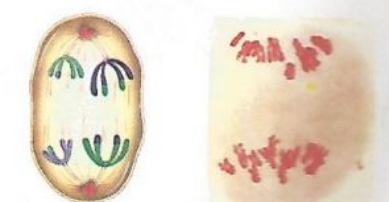
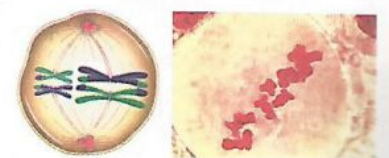
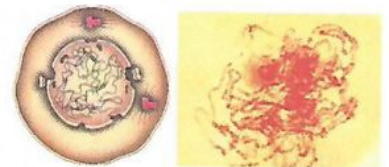
Metafase I

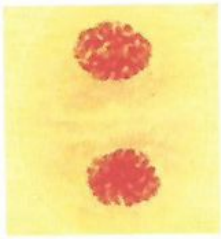
- Completa-se a formação do fuso acromático.
- Os pares de cromossomas homólogos, normalmente ligados pelos pontos de quiasma, dispõem-se no plano equatorial da célula, formando a **placa equatorial**.

Anafase I

Os cromossomas homólogos, cada um com dois cromatídeos, são puxados para pólos opostos do fuso acromático.

- Rompem-se os pontos de quiasma ainda existentes.



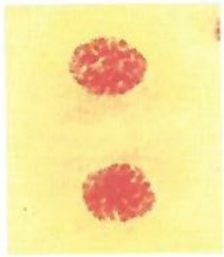


Telofase I

- Desenrolamento da cromatina e formação de dois núcleos haplóides.
- Em cada um dos núcleos existe um cromossoma de cada par de homólogos.
- Normalmente, segue-se a divisão do citoplasma (citocinese).

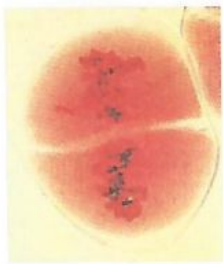
Meiose II

Profase II



- Reaparecimento dos cromossomas e desaparecimento do invólucro nuclear e nucléolos.
- Início da formação dos dois fusos acromáticos, num plano perpendicular ao do fuso da meiose I.
- Os centrómeros dos cromossomas ligam-se a uma fibrilha do fuso acromático e começam a deslocar-se para o plano equatorial da célula.

Metafase II



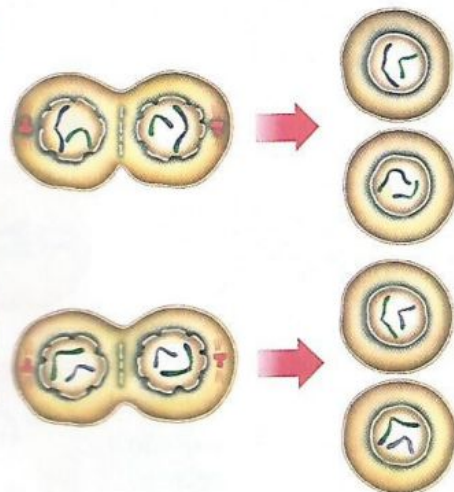
- Todos os cromossomas, ainda com dois cromatídeos, estão dispostos no plano equatorial das células, formando-se duas placas equatoriais.

Anafase II



- Rompem-se os centrómeros, por acção das fibrilhas do fuso acromático.
- Os cromatídeos-irmãos (agora cromossomas-filhos), puxados pelas fibrilhas do fuso, separam-se para pólos opostos das respectivas células.

Telofase II



- Reaparecimento da membrana nuclear e dos nucléolos.
- Desenvolvimento da cromatina.
- Após a citocinese formam-se quatro células-filhas haplóides, com um cromossoma de cada par de cromossomas homólogos.
- Cada cromossoma tem apenas um cromatídeo.

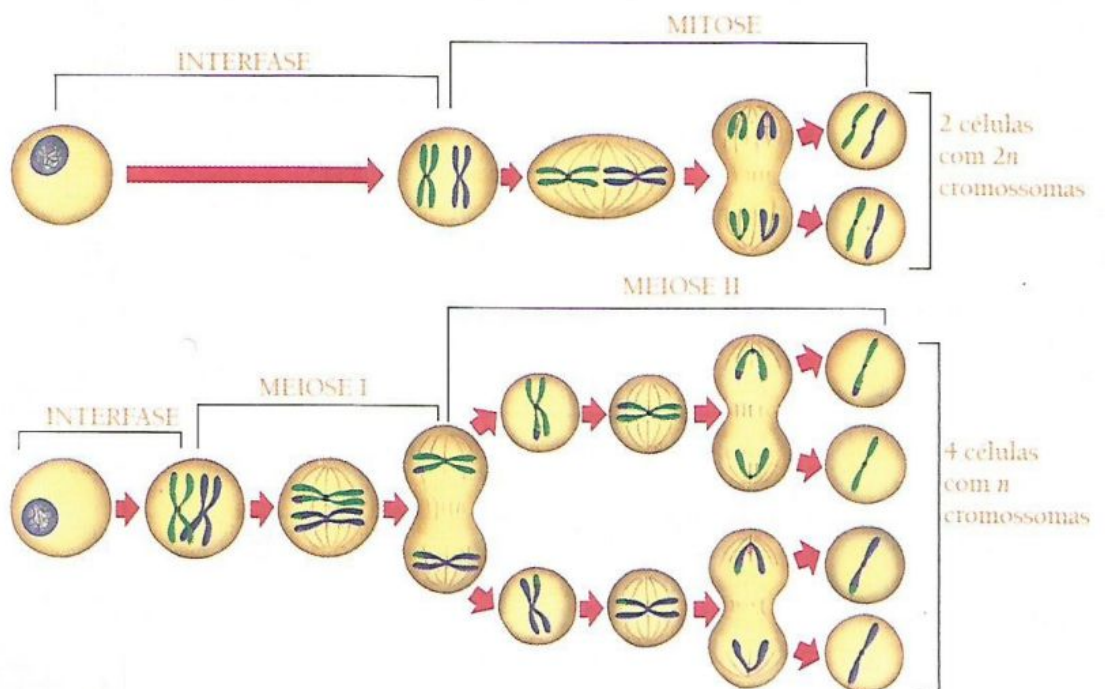
Importância biológica da meiose

- Permite a formação de células haplóides, isto é, com metade do número de cromossomas característico da espécie, compensando assim a duplicação cromática que ocorre durante a fecundação.
- Contribui para a variabilidade genética das espécies, através do fenómeno do *crossing-over* e da separação aleatória dos cromossomas homólogos durante a anáfase I. Considerando que cada par de homólogos se movimenta independentemente dos outros, o número de combinações possíveis dos cromossomas presentes nas células-filhas está dependente do número de cromossomas característico da espécie, e será tanto maior quanto maior for o número de pares de homólogos.

Comparação entre os processos de divisão celular

Mitose	Meiose
Resulta em duas células geneticamente iguais.	Resulta em quatro células geneticamente diferentes.
Não há redução do número de cromossomas.	Há redução do número de cromossomas.
Não há permuta génica entre cromossomas homólogos.	Normalmente ocorre permuta génica entre os cromossomas homólogos.
Ocorre em células somáticas.	Ocorre em células germinativas.
A duplicação do DNA antecede apenas uma divisão celular.	A duplicação do DNA antecede duas divisões celulares.
Uma célula produzida por mitose, em geral, pode sofrer nova mitose.	Uma célula produzida por meiose não pode sofrer meiose.
É importante na reprodução assexuada de organismos unicelulares e na regeneração das células somáticas dos multicelulares.	É um processo demorado (podendo, em certos casos, levar anos para se completar).
Não há redução do número de cromossomas.	Há redução do número de cromossomas.

- É fundamental saber comparar a mitose com a meiose. Algumas doenças resultam de alterações nesses tipos básicos de divisão celular. A síndrome de Down, por exemplo, é provocada por erros na divisão celular que podem ocorrer durante a formação dos gametas ou na divisão do zigoto.
- A mitose ocorre em todas as células somáticas do corpo e, por meio dela, uma célula divide-se em duas, geneticamente idênticas à célula inicial. Assim, é importante na regeneração dos tecidos e no crescimento dos organismos multicelulares. Nos unicelulares, permite a reprodução assexuada.
- Já a meiose só ocorre em células germinativas, com duas divisões sucessivas. A célula-mãe divide-se em duas, que se dividem de novo, originando quatro células-filhas com metade dos cromossomas da célula inicial: são os gametas, geneticamente diferentes entre si.
- Dessa forma, a meiose tem papel fundamental na reprodução sexual. E não se esqueça: durante a meiose normalmente há troca de genes entre cromossomas homólogos, o que aumenta a variabilidade gênica da espécie.
- Não se esqueça que a mitose e a meiose apresentam quatro fases características: prófase, metáfase, anáfase e telófase, com formação de fuso protéico e condensação dos cromossomas. Nos dois casos, a duplicação do DNA antecede as divisões celulares.



Gametogênese

No embrião humano, durante a terceira semana de desenvolvimento, as células germinativas primordiais diferenciam-se das células que irão originar todo o corpo ou soma, células estas que, por isso, se designam **células somáticas**.

As células germinativas primordiais migram para as glândulas sexuais primitivas, que vão desenvolver-se e diferenciar-se nas glândulas sexuais definitivas (ovários e testículos).

Hoje sabe-se que as células germinativas primordiais não desaparecem, sendo elas que, após uma série de transformações, vão originar as células sexuais ou gametas (óvulos e espermatozóides).

O conjunto de transformações que conduz à formação de gametas designa-se **gametogênese**. Temos dois tipos de gametogênese:

- **Gametogênese masculina** denominada espermatogênese.
- **Gametogênese feminina** designada oogênese ou ovogênese.

Espermatogênese

A espermatogênese é a gametogênese masculina, que decorre nos testículos, forma espermatozóides e divide-se em quatro fases, a saber:

- Multiplicação.
- Crescimento.
- Maturação.
- Diferenciação.

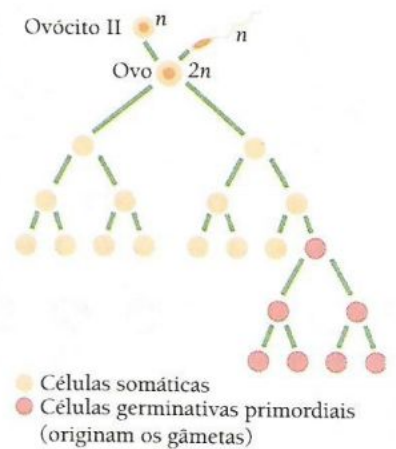
A gametogênese inicia-se por uma **fase de multiplicação**, durante a qual, por mitoses sucessivas, as células das gónadas se multiplicam. As células assim formadas no testículo designam-se espermatogónias.

Segue-se uma **fase de crescimento** em que se verifica um aumento da quantidade de citoplasma, pois terão ocorrido nas células intensos processos de síntese proteica. Ainda durante esta etapa ocorre a replicação do DNA e inicia-se a primeira divisão da meiose. As células resultantes desta fase de crescimento designam-se espermatócitos I ou espermatócitos de 1.^a ordem.

Na **etapa da maturação**, os espermatócitos I irão prosseguir a sua divisão, com a anáfase da primeira divisão da meiose. No final desta primeira divisão, originam-se células haplóides, que se designam espermatócitos II ou espermatócitos de 2.^a ordem. A **citocinese** neste processo faz com que o citoplasma se divida em duas porções aproximadamente iguais, originando duas células idênticas.

A segunda divisão da meiose no processo da espermatogênese prossegue normalmente, originando, relativamente a cada célula-mãe, quatro espermátides com o mesmo tamanho.

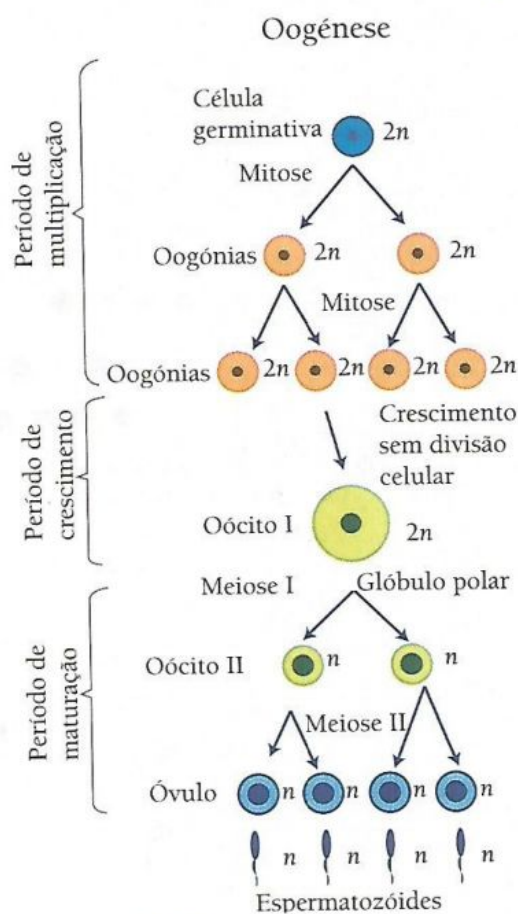
A última etapa da gametogênese, a **diferenciação**, só se verifica para a transformação dos espermátides em espermatozóides. Durante este processo, relativamente complexo, designado espermiogênese, os gametas masculinos transformam-se, adquirindo a forma que melhor se ajusta à função que desempenham.



Curiosidade

No homem a espermatogênese só se inicia na puberdade, e é um processo contínuo, ao longo da vida. Em cada ejaculação podem encontrar-se entre 300 a 500 milhões de espermatozóides.

Oogénese



Esquema da Oogénese.

A oogénese ou ovogenése é a gametogénese feminina, que decorre nos ovários, e é o processo de formação das células reprodutoras femininas, os oócitos ou ovócitos, a partir das oogónias. Divide-se em três fases:

- Multiplicação.
- Crescimento.
- Maturação.

A gametogénese inicia-se por uma fase de multiplicação, durante a qual por mitoses sucessivas, as células das gónadas se multiplicam. As células assim formadas no ovário designam-se ovogónias.

Segue-se uma fase de crescimento em que se verifica um aumento da quantidade de citoplasma, pois terão ocorrido nas células intensos processos de síntese proteica. Regista-se um maior desenvolvimento da célula feminina que, deste modo, dispõe de uma maior quantidade de reservas nutritivas relativamente à célula masculina. Ainda durante esta etapa, ocorre a replicação do DNA e inicia-se a primeira divisão da meiose. As células resultantes desta fase de crescimento designam-se ovócitos I ou ovócitos de 1.^a ordem.

Na etapa da maturação, os oócitos I irão prosseguir a sua divisão, com a anáfase da primeira divisão da meiose. No final desta primeira divisão, originam-se células haplóides, que se designam ovócitos II ou ovócitos de 2.^a ordem. A citocinese,

reparte o citoplasma de forma desigual, fazendo lembrar uma gemiparidade. Deste modo, forma-se uma célula maior que recolhe quase todo o citoplasma, oócito II, e outra, muito menor, não funcional, denominada 1.^o glóbulo polar.

A segunda divisão da meiose na gametogénese feminina só ocorre se o oócito II for fecundado. Se acontece, verifica-se novamente uma repartição desigual do citoplasma, formando-se uma célula maior, que é o óvulo e outra menor designada 2.^o glóbulo polar. A razão de uma só célula acumular quase todo o citoplasma da célula está certamente relacionada com o facto de a célula feminina que for fecundada originar a célula-ovo, a partir da qual se forma o embrião.

Curiosidade

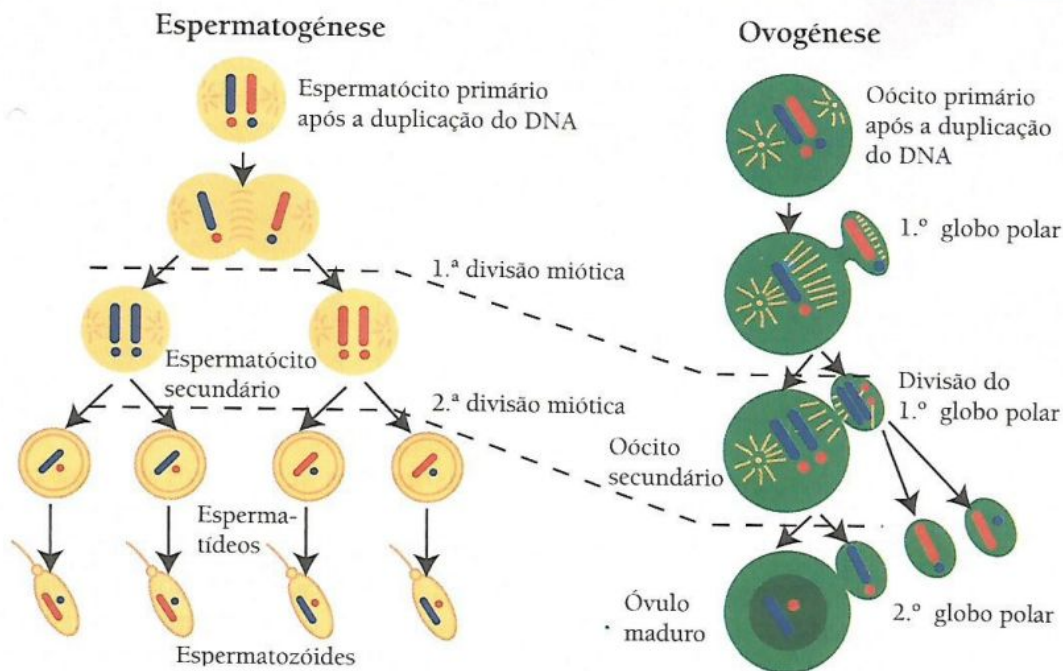
Na espécie humana, a ovogénese inicia-se durante a vida intra-uterina da mulher, e as ovogónias que se formam prosseguem o seu desenvolvimento até aos primeiros estádios da profase I da meiose, que fica suspensa desde o nascimento até à puberdade. A partir desta altura, seguindo um processo cíclico, cada ovócito completa o seu desenvolvimento (normalmente, um de cada vez).

Os ovários de um feto de 5 meses contêm 6 a 7 milhões de oogónias. A maior parte dessas oogónias degenera, não ocorrendo nova produção.

A menopausa é o momento da vida da mulher em que a função cíclica dos ovários e a menstruação cessam. A idade em que tem início varia, mas, em geral, dá-se em torno dos 50 anos.

Comparação entre espermatogênese e ovogênese

Espermatogênese	Ovogênese
Decorre nos testículos	Decorre nos ovários.
Forma espermatozóides.	Origina oócitos ou ovócitos.
Na fase de multiplicação obtêm-se espermatogônias.	Na fase de multiplicação obtêm-se ovogônias.
Na fase de crescimento menor, desenvolvimento da célula masculina, resultando os espermatócitos I ou espermatócitos de 1. ^a ordem.	Na fase de crescimento, maior desenvolvimento da célula feminina, resultando os ovócitos I ou ovócitos de 1. ^a ordem.
No final da 1. ^a divisão da meiose, na fase de maturação, originam-se células haplóides que se designam espermatócitos II ou espermatócitos de 2. ^a ordem. Na citogenese, o citoplasma divide-se em duas porções aproximadamente iguais, originando duas células idênticas.	No final da 1. ^a divisão da meiose, na fase de maturação, originam-se células haplóides que se designam ovócitos II ou ovócitos de 2. ^a ordem. Na citogenese, a repartição do citoplasma é desigual, lembrando uma gemiparidade. Forma-se, então, uma célula maior, que recolhe quase todo o citoplasma, o ovócito II, e outra menor, não funcional, denominada 1. ^o glóbulo polar.
A 2. ^a divisão da meiose origina, relativamente a cada célula-mãe, quatro espermátides com o mesmo tamanho.	A 2. ^a divisão da meiose só ocorre se o ovócito II for fecundado. Verifica-se de novo uma repartição desigual do citoplasma, formando-se uma célula maior, o óvulo, e outra menor, 2. ^o glóbulo polar.
A diferenciação só se verifica para a transformação dos espermátides em espermatozóides.	
Só se inicia na puberdade, mas depois é um processo contínuo ao longo da vida do homem.	Inicia-se durante a vida intra-uterina da mulher, e as ovogônias que se formam prosseguem o seu desenvolvimento até aos primeiros estádios da prófase I da meiose, que fica suspensa desde o nascimento até à puberdade. A partir desta altura, seguindo um processo cíclico, cada ovócito completa o seu desenvolvimento.



Comparação entre Oogénese e Espermatogénese.

Fecundação

Para que surja um novo indivíduo, os gametas fundem-se aos pares, um masculino e outro feminino, que possuem papéis diferentes na formação do descendente. A essa fusão dá-se o nome de fecundação ou fertilização.

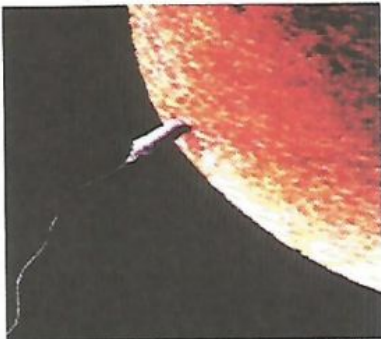
Ambos trazem a mesma quantidade haplóide de cromossomas, mas apenas os gametas femininos possuem nutrientes que alimentam o embrião durante o seu desenvolvimento. Por sua vez, apenas os gametas masculinos são móveis, responsáveis pelo encontro que pode acontecer no meio externo (**fecundação externa**) ou dentro do corpo da fêmea (**fecundação interna**). Exceptuando-se muitos dos artrópodes, os répteis, as aves e os mamíferos, todos os outros animais possuem fecundação externa, que só acontece em meio aquático.

Quando a fecundação é externa, tanto os machos como as fêmeas produzem gametas em grande quantidade, para compensar a perda que esse ambiente ocasiona. Muitos gametas são levados pelas águas ou servem de alimentos para outros animais. Nos animais dotados de fecundação interna, as fêmeas produzem apenas um ou alguns gametas de cada vez, e eles encontram-se protegidos dentro do sistema reprodutor.

Além da membrana plasmática, o óvulo possui outro revestimento mais externo, a membrana vitelínica. Quando um espermatozóide entra em contacto com a membrana vitelínica, a membrana do acrossoma funde-se à membrana do espermatozóide (reacção acrossómica), libertando as enzimas presentes no acrossoma.

As enzimas do acrossoma dissolvem a membrana vitelínica e abrem caminho para a penetração do espermatozóide. Com a fusão da membrana do espermatozóide com a membrana do óvulo, o núcleo do espermatozóide penetra no óvulo. Nesse instante, a membrana do óvulo sofre alterações químicas e eléctricas, transformando-se na membrana de fertilização, que impede a penetração de outros espermatozóides.

No interior do óvulo, o núcleo do espermatozóide, agora chamado pró-núcleo masculino, funde-se com o núcleo do óvulo, o pró-núcleo feminino. Cada pró-núcleo traz um lote haplóide de cromossomas, e a fusão resulta num lote diplóide, o zigoto. Nessa célula, metade dos cromossomas tem origem paterna e metade origem materna.



Reprodução

Outro aspecto característico dos seres vivos é a sua capacidade de reprodução. A reprodução biológica é a produção de novas células ou organismos que são da mesma espécie dos progenitores. Dois tipos principais de reprodução existem entre os organismos no mundo biológico. Um destes tipos, chama-se reprodução assexuada, e geralmente requer apenas um progenitor. O outro tipo chama-se reprodução sexuada, e envolve a união de células especializadas produzidas pelos progenitores.

Reprodução Assexuada

A reprodução assexuada ocorre quando se formam clones a partir de um ser vivo.

Não envolve o encontro de gametas, também não ocorrendo a fecundação. Os novos seres podem nascer a partir de fragmentos do ser vivo. Entre os animais, um dos exemplos mais conhecidos é o da estrela-do-mar que, ao perder um dos braços, pode regenerar os restantes, formando-se uma nova estrela-do-mar do braço seleccionado. O novo ser é geneticamente idêntico ao «progenitor». É o que se chama um «clone».

É um tipo de reprodução sem meiose e sem singamia envolvendo apenas um parente.

Não ocorre variabilidade genética e os indivíduos descendentes são idênticos cromossomicamente ao progenitor, pela divisão de uma única célula ou pela divisão de um organismo inteiro em duas ou mais partes.

A reprodução assexuada garante a reprodução (não dependente de outros), e não permite variabilidade genética.

Nas plantas a reprodução assexuada é também frequente, utilizando-se esta capacidade reprodutiva na agricultura. Por exemplo, as laranjas da Bahia (sem sementes) provêm todas do mesmo clone (considerando clone o conjunto de todos os seres geneticamente idênticos, provenientes de um mesmo ser vivo), a partir de uma laranjeira mutante aparecida na região da Bahia no Brasil. Esta árvore, ao não produzir sementes só se pode reproduzir por enxerto ou estaca. Há vários tipos de clonagem assexuada. Os mais conhecidos são: a bipartição, a gemulação, a regeneração, a esporulação, a multiplicação vegetativa e a partenogênese.

- **Bipartição ou divisão binária:** a partir duma célula nos seres unicelulares ou de um indivíduo multicelular formam-se dois aproximadamente iguais, pelo que o progenitor perde a sua identidade. Por exemplo, bactérias, algas unicelulares, protozoários, planárias e anêmonas do mar.



Protozoários



Anemonas do mar

- **Gemulação ou gemiparidade:** num organismo formam-se uma ou mais dilatações – gomos ou gemas – que crescem e se desenvolvem originando novos organismos. Os novos indivíduos podem ou não permanecer ligados ao progenitor que, neste processo, nunca perde a sua individualidade, pois apenas forma indivíduos de menor tamanho.

Singamia – fusão de dois gametas aquando da fertilização.

Por exemplo: hidra, corais, anêmonas do mar, e leveduras (fungos unicelulares).



Anemonas do mar.



Hidras.



Leveduras.

- **Regeneração:** a partir de uma parte ou de um fragmento que se destaca de um organismo, forma-se um novo indivíduo. Resulta geralmente da acção de agentes externos. Por exemplo: estrelas-do-mar, planárias, corais, colónias de esponjas e algas filamentosas.

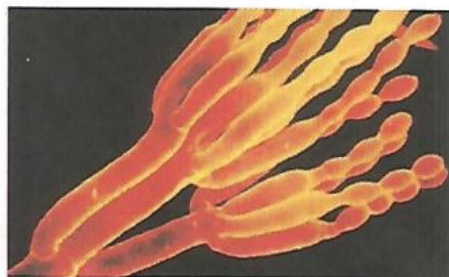


Estrela do mar.



Planaria.

- **Esporulação:** distingue-se dos outros processos pela existência de células reprodutoras especiais – os esporos – que se formam em esporângios. Germinam directamente originando um novo indivíduo. Os esporos formam-se normalmente em grande número; são células leves, o que facilita a disseminação pelo vento ou pelos insectos. Por exemplo: fungos e musgos, algas eucariontes unicelulares, plantas superiores (fetos, pinheiros, plantas com flores).



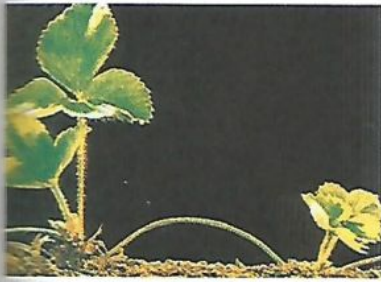
Fungos.



Musgos.

- **Multiplicação vegetativa:** nas plantas, as estruturas vegetativas, raízes, caules ou folhas, por vezes modificadas, originam, por diferenciação, novos indivíduos. Por exemplo: cenouras (raízes), batateira (tubérculo), fetos (rizoma), morangueiro (caule), alho (bolbilhos) e *Bryophyllum* (folha). Este processo é bastante utilizado pelo homem

para multiplicar artificialmente plantas cujas características lhe interessa perpetuar, usando as técnicas de estacas e enxertia.



Morangueiro.



Alho.



Bryophillum.

- **Partenogênese:** processo através do qual um óvulo se desenvolve originando um novo organismo, sem ter havido fecundação. Por exemplo: abelha, formiga, alguns peixes, alguns répteis, alguns anfíbios.



Abelha.



Formiga.

Reprodução Sexuada

A **reprodução sexuada** envolve a fusão de dois gametas (masculino e feminino), processo que se denomina fecundação.

Os gametas são células haplóides que se formam nas gônadas por meiose. Quando se dá a fecundação, também ocorre outro fenómeno – a **cariogamia** – que consiste na fusão dos núcleos dos dois gametas. Depois destes processos ocorrerem forma-se o ovo ou zigoto que, por mitoses sucessivas, vai originar um novo indivíduo.

As espécies sexuadas são mais variáveis, logo um mínimo de tipos genéticos numa mesma população podem adaptar-se às diferentes condições flutuantes, provendo uma maior possibilidade para a continuação da população. Em geral, as espécies sexuadas adaptam-se melhor a ambientes novos e sob influência de mudanças abruptas.

A **meiose e a fecundação** são fenómenos complementares característicos da reprodução sexuada.

Por meiose, o número diplóide de cromossomas é reduzido a metade, e pela fecundação restabelece-se o número $2n$ típico da espécie. Dessa maneira, ocorrem a troca e a mistura de material genético entre indivíduos numa população, aumentando a variabilidade genética.

Em humanos e na maioria dos eucariotas, os dois gametas diferem na estrutura (anisogamia) e são fornecidos por parentes diferentes.

Os organismos com reprodução sexuada podem receber as seguintes denominações de acordo com a complexidade da estrutura reprodutiva:

- **Organismos Dioicos:** apresentam sexos separados conforme o género (macho e fêmea).



Pavão macho.



Pavão fêmea.

- **Organismos Monoicos:** possuem os dois sexos, o masculino e o feminino, consequentemente produzem os dois tipos de gâmetas na mesma unidade estrutural (hermafroditas).

Alguns indivíduos monoicos reproduzem-se por **fecundação cruzada**, propiciando variabilidade genética, como por exemplo, plantas e minhocas. Outros utilizam a **autofecundação**, uma forma evolutivamente prejudicial à espécie por não causar fluxo de genes entre os indivíduos de uma população.



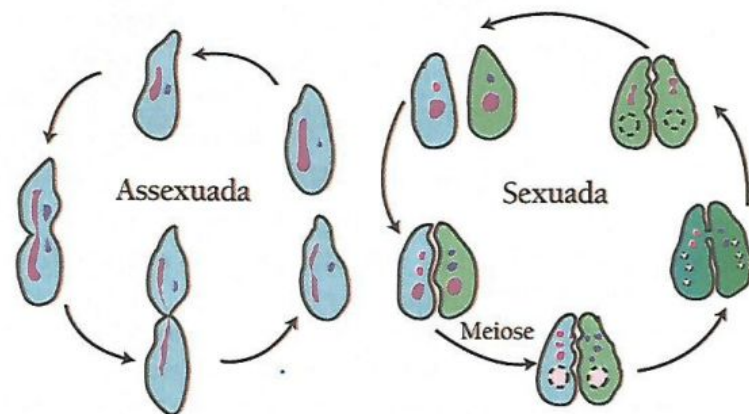
Minhocas.



Ervilheiras.

A permanente capacidade de adaptação dos seres, por selecção das suas características genéticas, tem sido, ao longo da história da vida na Terra, um importante factor de evolução das espécies.

Comparando a reprodução assexuada com a reprodução sexuada poderemos constatar que são processos que se complementam, sendo frequentemente utilizados em alternância durante o ciclo de vida das espécies que, deste modo, exploram as vantagens dos dois processos de reprodução.



Esquema das reproduções assexuada e sexuada.

Por exemplo, algumas espécies vegetais utilizam a reprodução assexuada como forma de rapidamente colonizar um habitat em que as condições lhe são favoráveis. Porém, fazem reprodução sexuada sempre que as condições ambientais são menos favoráveis e se torna necessário assegurar a variabilidade genética para poderem sobreviver, se forem sujeitas a factores adversos do meio que podem gerar alterações ambientais significativas.

O quadro compara as reproduções assexuada e sexuada evidenciando algumas semelhanças e diferenças entre elas.

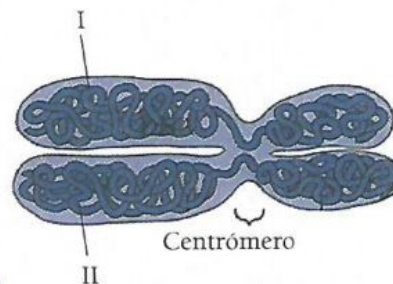
Reprodução assexuada	Reprodução sexuada
Um só progenitor.	Dois progenitores (excepto nos hermafroditas).
Não há formação de gâmetas, nem fecundação.	Há formação de gâmetas que se unem na fecundação.
O seu processo celular de base é a mitose. Nunca ocorre meiose.	Ocorrem os dois processos celulares – mitose e meiose. A meiose ocorre em momentos determinados do ciclo de vida das espécies.
Os descendentes são idênticos entre si e ao progenitor, pois todos os indivíduos são geneticamente iguais.	Os descendentes diferem entre si e relativamente aos progenitores, o que resulta da variabilidade genética que é introduzida pela meiose e fecundação.
Apenas ocorre nas plantas, nos microorganismos e animais com um baixo nível de diferenciação tecidual. Está ausente nos animais mais desenvolvidos.	Ocorre na maioria das espécies animais e vegetais, e em fungos. Mesmo em alguns seres unicelulares sem núcleo diferenciado, sem plastos e sem mitocôndrias conhecem-se fenómenos sexuais.
Permite uma rápida multiplicação das espécies, produzindo muitos descendentes em pouco tempo.	A produção da descendência é mais lenta, obtendo-se um menor número de indivíduos.
Implica uma boa adaptação ao meio ambiente.	Permite a adaptação a novos habitats, por selecção das combinações genéticas mais favoráveis.

Uma larga quantidade de tempo e energia em animais que se reproduzem sexualmente vai para o acasalamento, expondo-os à predação e podendo resultar em danos físicos, que acaba por afastá-los de outras actividades úteis como a alimentação e o cuidado das suas proles. Mais tarde, o acasalamento faz com que recursos sejam necessários para manter uma grande população de machos que não produzem descendência. Apesar destas desvantagens, existe uma vantagem evolucionária enorme na reprodução sexuada: produz diversidade genética.

Em humanos e na maioria dos eucariotas, os dois gâmetas diferem na estrutura (anisogamia) e são fornecidos por parentes diferentes.

Exercícios propostos

- Qual das alternativas se refere a um cromossoma?
 - Um conjunto de moléculas de DNA com todas as informações genéticas da espécie.
 - Uma única molécula de DNA com informação genética para algumas proteínas.
 - Um segmento de molécula de DNA com informação para uma cadeia polipeptídica.
 - Uma única molécula de RNA com informação para uma cadeia polipeptídica.
 - Uma sequência de três bases nitrogenadas do RNA mensageiro correspondente a um aminoácido na cadeia polipeptídica.
- Qual das afirmativas seguintes está incorrecta?
 - Durante a divisão celular, é fundamental que ocorra a condensação dos cromossomas para que possam ser adequadamente distribuídas às células-filhas.
 - Na profase, à medida que vão se condensando, os cromossomas soltam-se da membrana nuclear, o que resulta no desaparecimento da membrana nuclear.
 - No núcleo metafásico, a cromatina aparece com o aspecto de um emaranhado amplamente disperso de filamentos de DNA associado a proteínas.
 - Antes da anafase, devido à condensação, os cromossomas perdem a capacidade transcricional e, conseqüentemente, desaparece o nucléolo.
 - Cromossomas telocêntricos condensados têm o centrómero numa das extremidades, o que determina a existência de um único braço.
- A célula nervosa e o espermatozóide zigoto possuem, respectivamente:
 - 46, 46 e 46 cromossomas
 - 23, 46 e 23 cromossomas
 - 23, 23 e 46 cromossomas
 - 46, 23 e 23 cromossomas
 - 46, 23 e 46 cromossomas
- «A interfase é a fase em que ocorre o repouso celular». A frase está:
 - Correcta, porque praticamente não há actividade metabólica celular.
 - Correcta, pois ocorrem apenas alterações no formato da célula.
 - Incorrecta, porque ocorre o movimento dos centríolos.
 - Incorrecta, porque ocorre a condensação dos cromossomas.
 - Incorrecta, porque ocorre duplicação do DNA.
- Dos constituintes celulares abaixo relacionados, qual está presente somente nos eucariontes e representa um dos critérios utilizados para distingui-los dos procariontes?
 - DNA.
 - Invólucro nuclear.
 - Membrana celular.
 - Ribossoma.
 - RNA.
- Nas células em interfase, o material genético aparece na forma de:
 - Membrana nuclear
 - Fuso acromático
 - Nucléolo
 - Cromatina
 - Cariolinfa
- Observe o esquema ao lado. I e II indicam:
 - Cromatídeos-irmãs
 - Cromatídeos homólogos
 - Cromossomas homólogos
 - Cromossomas não-homólogos
 - Cromossomas-filhos

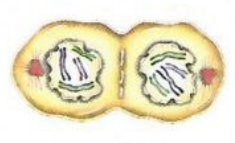
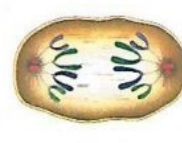


Exercícios propostos

8. Relacione as fases da mitose: anafase, telofase, metafase e profase, com os respectivos números das figuras ao lado:

- A. 4 - 3 - 2 - 1
C. 1 - 2 - 3 - 4
E. 3 - 1 - 2 - 4

- B. 3 - 4 - 2 - 1
D. 2 - 3 - 4 - 1



9. A consequência mais importante da mitose é:

- A. Determinar a diferenciação celular. B. A produção de gametas e esporos haplóides.
C. A produção de células iguais à célula-mãe. D. Aumentar a variabilidade genética dos seres vivos.
E. Aumentar a taxa de mutação.

10. Espiralização da cromatina, duplicação dos centríolos e formação do fuso são ocorrências mitóticas. Assinale a fase em que isto ocorre.

- A. Metafase B. Anafase C. Telofase D. Profase E. Interfase

11. Uma célula somática que tem 4 cromossomas, ao dividir-se, apresenta na metafase:

- A. 4 cromossomas distintos, cada um com um cromatídeo.
B. 4 cromossomas distintos, cada um com dois cromatídeos.
C. 4 cromossomas, pareados 2 a 2, cada um com dois cromatídeos.
D. 4 cromossomas, pareados 2 a 2, cada um com um cromatídeo.
E. 2 cromossomas, cada um com dois cromatídeos.

12. A maioria das reacções químicas da célula, incluindo a duplicação de DNA, a síntese de RNA e a produção de proteínas celulares, ocorre, principalmente, durante a:

- A. Profase B. Metafase C. Anafase D. Telofase E. Interfase

13. Considerando uma célula com 6 cromossomas ($2n = 6$) que esteja em divisão, o esquema ao lado representaria uma:

- A. Anafase I da meiose. B. Metafase I da meiose.
C. Metafase II da meiose. D. Anafase II da meiose.
E. Anafase mitótica.



14. Qual é a função associada com cada uma das seguintes estruturas celulares?

- A. Membrana plasmática B. Ribossomas C. Lisossomos D. Mitocôndrias

15. A mitose é um tipo de divisão celular que compreende uma série de fenómenos nos quais os componentes celulares são primeiro duplicados e depois divididos em proporções iguais.

Considere as fases desse processo de divisão celular nos animais e complete os espaços.

- ✓ 1. A disposição dos cromossomas ao longo de um plano, formando a placa equatorial, é característica da _____.
- ✓ 2. A membrana nuclear rompe-se no final da _____ e volta a organizar-se quando a célula entra em telofase.
3. A reorganização do nucléolo e da membrana nuclear caracterizam a _____.
4. A divisão longitudinal dos centrómeros dos cromossomas marca o início da _____.
- A opção que completa correctamente os espaços, respectivamente, é:
- A. Profase, Metafase, Anafase, Telofase
B. Metafase, Profase, Telofase, Anafase
C. Anafase, Telofase, Profase, Metafase
D. Metafase, Telofase, Profase, Anafase
E. Profase, Anafase, Metafase, Telofase

Exercícios propostos

16. Quando afirmamos que o metabolismo da célula é controlado pelo núcleo celular, isso significa que:
- A. Todas as reacções metabólicas são catalisadas por moléculas e componentes nucleares.
 - B. O núcleo produz moléculas que, no citoplasma, promovem a síntese de enzimas catalisadoras das reacções metabólicas.
 - C. O núcleo produz e envia para todas as partes da célula moléculas que catalisam as reacções metabólicas.
 - D. Dentro do núcleo, as moléculas sintetizam enzimas catalisadoras das reacções metabólicas.
 - E. O conteúdo do núcleo passa para o citoplasma e actua directamente nas funções celulares, catalisando as reacções metabólicas.
17. Leia as quatro afirmações seguintes sobre a divisão de uma célula somática num animal adulto.
- I. Após a citocinese, o núcleo de uma das células resultantes apresenta sobrecarga de actividade, pois deve produzir novamente todas as organelas citoplasmáticas, uma vez que elas ficaram no citoplasma da outra célula formada.
 - II. Caso não haja formação de actina e de miosina pela célula, tanto a mitose como a citocinese serão comprometidas.
 - III. Não apenas o DNA nuclear é replicado na interfase. O mesmo acontece com o DNA das mitocôndrias, que sofrerão um processo de divisão muito semelhante ao que ocorre nas bactérias.
 - IV. As membranas nucleares das duas células resultantes provêm de partes da membrana plasmática que se rompem durante a citocinese e envolvem os dois conjuntos de cromossomas.
- Estão correctas:
- A. I e II. B. I e IV C. II e III D. II e IV. E. III e IV.
18. Uma pessoa sofreu um acidente de carro e fracturou o osso de uma das pernas, em várias partes. Após alguns meses de tratamento clínico, cirurgias, internamentos hospitalares, etc. o osso recuperou a sua forma normal, ou seja, as partes fracturadas foram soldadas, ficando apenas uma espécie de cicatriz que é denominada calo ósseo. Considerando o processo de divisão celular podemos afirmar que essa recuperação óssea foi possível porque as células:
- A. Se multiplicaram por meiose, originando novas células, num processo chamado de renovação celular.
 - B. Se renovaram e substituíram as células mortas por meio do crescimento do volume.
 - C. Por mitose, reproduziram-se repondo aquelas que foram mortas por meio do crescimento do volume celular.
 - D. Se reproduziram continuamente por reprodução sexuada, originando novas células, que substituíram as que morreram.
 - E. Se dividiram continuamente por meiose, originando novas células, num processo denominado celular.
19. Uma célula sofre meiose. No final do processo tem-se:
- A. Cada uma das duas células tem a mesma quantidade de DNA da célula-mãe.
 - B. Cada uma das duas células tem a metade da quantidade de DNA da célula-mãe.
 - C. Cada uma das quatro células tem a mesma quantidade de DNA da célula-mãe.
 - D. Cada uma das quatro células tem a metade da quantidade de DNA da célula-mãe.
 - E. Cada uma das quatro células tem o dobro da quantidade de DNA da célula-mãe.
20. Em relação ao processo de divisão celular, podemos afirmar que:
- A. A mitose consiste em duas divisões celulares sucessivas.
 - B. Os óvulos e os espermatozóides são produzidos por divisões mitóticas.
 - C. Durante a meiose não ocorre a permutação ou *crossing-over*.
 - D. A meiose é um processo que dá origem a quatro células haplóides.
 - E. Durante a mitose os cromátídeos-irmãos não se separam.

Exercícios propostos

21. O *crossing-over* ocorre na:
- A. Metafase II da meiose.
 - B. Profase II da meiose.
 - C. Metafase I da mitose.
 - D. Profase I da meiose.
 - E. Anafase I da mitose.
22. Assinale a alternativa incorrecta a respeito do ciclo celular.
- A. Uma vez que o processo de divisão é iniciado, já não poderá ser interrompido.
 - B. A duplicação do DNA e a interrupção de parte das funções celulares ocorrem durante o período 5 da interfase.
 - C. A duração da divisão celular pode variar para cada tipo de célula.
 - D. A interfase pode ser definida como o período em que a célula exerce as suas funções normais e se prepara para a divisão.
 - E. O período G1 pode ter duração variável, dependendo do tipo de célula considerado.
23. São conhecidos dois tipos de divisão celular: a mitose e a meiose. Pela mitose as células somáticas dividem-se, dando origem a outras células somáticas. Pela meiose são formadas as células reprodutoras. Considere os fenómenos biológicos: formação do gâmeta masculino, desenvolvimento embrionário, formação do gâmeta feminino e regeneração de tecidos. Nesses fenómenos, ocorrem respectivamente:
- A. Mitose, meiose, mitose, meiose.
 - B. Meiose, meiose, mitose, mitose
 - C. Meiose, mitose, meiose, mitose.
 - D. Mitose, mitose, meiose, meiose.
 - E. Mitose, mitose, meiose, mitose.
24. A segunda fase da meiose (meiose II) é semelhante à mitose em vários aspectos. Em cada núcleo produzido pela meiose I, os cromossomas alinham-se na placa equatorial na metafase II, os cromatídeos separam-se e os novos cromossomas-filhos movem-se para os pólos na anafase II. No entanto, alguns aspectos são distintos entre as duas divisões, em células de um mesmo indivíduo. São diferenças entre meiose II e mitose, excepto quando:
- A. O DNA se replica antes da mitose, mas não entre meiose I e meiose II.
 - B. Na mitose, os cromatídeos-irmãos são sempre idênticos, mas na meiose II podem diferir entre si.
 - C. O número de cromossomas na placa equatorial da meiose II é a metade do número de cromossomas na placa equatorial mitótica.
 - D. A recombinação génica pode acontecer no final da profase da meiose II e em qualquer uma das etapas da mitose.
25. Para promover a cicatrização de um tecido lesado, novas células devem ser formadas. Qual é o nome do processo de formação de células usado para esse fim e como ocorre?
26. Uma das opções muito utilizada em tratamentos de pacientes com cancro é a quimioterapia e a aplicação de drogas que devem suprimir as mitoses. Defina mitose. Diga quais são os riscos de suprimirmos totalmente as mitoses.

Genética

Genética (do grego *genno*; *fazer nascer*) é a ciência dos genes, da hereditariedade e da variação dos organismos. É o ramo da biologia que estuda a forma como se transmitem as características biológicas de geração para geração. Actualmente, a genética proporciona ferramentas importantes para a investigação das funções dos genes. Os humanos, já no tempo da pré-história utilizavam conhecimentos de genética através da domesticação e do cruzamento selectivo de animais e plantas.

No interior dos organismos, a informação genética está normalmente contida nos cromossomas, onde é representada na estrutura química da molécula de DNA.

É importante conhecermos alguns termos:

- **Genótipo:** do grego *génos*, que significa geração + *typos*, que significa tipo. É a constituição genética do indivíduo.
- **Fenótipo:** do grego *phaino*, que significa fazer aparecer + *typos*, que significa tipo. É a aparência do indivíduo em parte como consequência do seu genótipo e ambiente.
- **Gene:** unidade de informação hereditária que consiste numa sequência de DNA que ocupa um local específico num cromossoma e determina uma característica particular num organismo.
- **Alelo:** cada uma das formas alternativas de um gene, que pode ocupar o respectivo *locus* e cujo número varia. A representação normal é feita por meio de uma letra.
- **Genes alelos:** genes com informações para o mesmo carácter: no caso do carácter «comprimento do caule» o gene que determina o caule longo é alelo do que determina o caule curto.
- **Loci (pl), Locus (sing):** localização específica de uma característica (alelo) num cromossoma. Um par de alelos (gene) tem *loci* iguais cada um transportando um diferente alelo podendo ou não ser afectados por esses outros alelos.
- **Cromossoma:** unidade do genótipo que contém um grande número de genes. O número de cromossomas é específico para cada espécie.
- **Autossómico:** as características herdadas são regidas pelos genes localizados em cromossomas não determinantes do sexo.
- **Homozigóticos:** a presença de dois alelos semelhantes no *loci* correspondente do mesmo gene. Aplica-se a genes autossómicos, mas também pode ser aplicado a características ligadas ao sexo nos machos.
- **Heterozigótico:** a presença de dois alelos diferentes nos *loci* do mesmo gene. Aplica-se a genes autossómicos mas também pode ser aplicado a características ligadas ao sexo nos machos.
- **Recessivo:** características expressas no fenótipo só quando existem dois alelos para essa característica nos *loci* do mesmo gene, caso contrário o efeito desse alelo não é visível, excepto no caso das fêmeas com mutações ligadas ao sexo.
- **Dominante:** características que são expressas no fenótipo mesmo quando só está presente um alelo. Quando combinados com um outro alelo recessivo dominam-no.

- **Portador:** indivíduo que embora não o demonstre no seu fenótipo transporta alelos recessivos ou ligados ao sexo mas que estão escondidos por outro gene, podendo mesmo assim ser transmitidos à descendência.
- **Sistemas de notação genéticas:** embora nenhuma notação universal esteja até hoje estabelecida, em todos os sistemas de notação genética os genes são representados por letras. Num dos sistemas mais utilizados, a escolha da letra para simbolizar o alelo dominante/alelo recessivo está relacionada com a inicial da palavra que designa a característica recessiva, utilizando-se, neste caso, uma mesma letra: letra maiúscula para alelo dominante e minúscula para o alelo recessivo.
- **Linhagem pura:** quando um indivíduo, por autofecundação, dá origem a descendentes sempre iguais entre si e iguais ao progenitor.
- **Mono-hibridismo:** estudo da transmissão de um só carácter hereditário.
- **Cruzamento parental:** cruzamento entre indivíduos de linhas puras com informação contrastante para dada característica.
- **Híbrido:** descendente do cruzamento de indivíduos contrastantes de linhagem pura, para um ou vários caracteres.
- **Mono-híbrido:** híbrido para um carácter.
- **Di-híbrido:** híbrido para dois caracteres.
- **Poli-híbrido:** híbrido para vários caracteres.

O par de genes responsável por uma característica hereditária constitui o genótipo para essa característica.

Se simbolizarmos cada gene por uma letra, o genótipo de um ovo e de qualquer outra célula diplóide resultante do ovo será representado por duas letras.

Os genes do mesmo par, ou seja, os genes alelos podem ter informações iguais ou diferentes.

Quando possui informações iguais, o indivíduo é homocigótico ou de linhagem pura para essa característica e o genótipo é representado por duas letras iguais. Exemplos: **LL** ou **rr**.

Quando os genes alelos possuem informação diferente para a mesma característica o indivíduo é heterocigótico ou híbrido, e o genótipo é representado por duas letras diferentes. Exemplo: **Lr**.

A determinado momento da vida do ser vivo, os genes expressam-se e a expressão do genótipo constitui o fenótipo desse ser vivo para essa característica. Ou seja, a cada genótipo corresponde um determinado fenótipo.

Nas linhagens puras o fenótipo está sempre de acordo com o genótipo, veja o quadro ao lado.

Nos híbridos, como há mensagens diferentes para cada característica, pode acontecer três situações: um só gene se expresse no fenótipo, os dois alelos expressam-se no fenótipo ou os dois genes manifestam-se no fenótipo, mas de modo incompleto.

Quando um só gene se expressa no fenótipo existe dominância desse gene sobre o seu alelo, isto, é o gene é dominante e o que se deixa dominar por ele é recessivo.

Por convenção, o gene dominante é representado por uma letra maiúscula e o recessivo por letra minúscula.

Genótipo	Fenótipo
LL	Liso
rr	Rugoso

Todos os casos estudados por Mendel foram deste tipo. O gene recessivo não se manifesta nos híbridos. Exemplos:

Genótipo	Fenótipo	Gene recessivo	Fenótipo
Lr	L	r	Liso
Av	A	v	Amarelo

Quando os dois alelos se expressam no fenótipo existe co-dominância entre os dois alelos.

Por exemplo, se um gene informar para branco e o outro informar para preto, os híbridos poderão ser, conforme as espécies: branco com manchas pretas ou preto com manchas brancas.

Quando os dois genes se manifestam no fenótipo, mas de modo incompleto.

Neste caso, a característica nos híbridos apresenta um aspecto intermédio do aspecto das linhagens puras. Se, por exemplo, um gene informa para branco e o seu alelo informa para preto, os híbridos serão cinzentos. Diz-se que há dominância incompleta.

Vida e experiências de Mendel

Gregor Johann Mendel (Julho 20, 1822 – Janeiro 6, 1884) foi um padre agostiniano e cientista, e é muitas vezes chamado de «O Pai da Genética» devido ao seu estudo sobre a hereditariedade de certas características em ervilheiras. Demonstrou que a hereditariedade dessas características seguiam determinadas leis.















Escolha da ervilha, porquê?

A ervilha é uma planta herbácea leguminosa que pertence ao mesmo grupo do feijão e da soja. Na reprodução, surgem vagens contendo sementes, as ervilhas. A sua escolha como material de experiência não foi casual: é uma planta fácil de cultivar, de ciclo reprodutivo curto e que produz muitas sementes. Desde os tempos de Mendel existiam muitas variedades disponíveis, dotadas de características de fácil comparação. Por exemplo, a variedade que flores púrpuras podia ser comparada com a que produzia flores brancas; a que produzia sementes lisas poderia ser comparada com a que produzia sementes rugosas, e assim por diante. Outra vantagem dessas plantas é que estame e pistilo, os componentes envolvidos na reprodução sexuada do vegetal, ficam encerrados no interior da mesma flor, protegidas pelas pétalas. Isso favorece a autopolinização e, por extensão, a autofecundação, formando descendentes com as mesmas características das plantas genitoras.

A partir da autopolinização, Mendel produziu e separou diversas linhagens puras de ervilhas para as características que ele pretendia estudar. Por exemplo, para cor de flor, plantas de flores de cor de púrpura sempre produziam como descendentes plantas de flores púrpuras, o mesmo ocorrendo com o cruzamento de plantas cujas flores eram brancas. Mendel seleccionou sete caracteres distintos nas plantas de ervilhas: cor da flor, posição da flor no caule, cor da semente, aspecto externo da semente,

forma da vagem, cor da vagem e comprimento do caule, que analisou separadamente – experiências de mono-hibridismo.

Pela análise do quadro verifica-se que Mendel utilizou para cada carácter duas alternativas, que se designam geralmente por contrastantes, em relação a esse carácter.

Carácter	Característica dominante	Característica recessiva	Carácter	Característica dominante	Característica recessiva
Forma da semente	 Lisa	 Rugosa	Posição da flor	 Axial	 Terminal
Cor do cotilédono	 Amarela	 Verde			
Cor da corola	 Púrpura	 Branca			
Forma da vagem	 Lisa	 Rugosa	Comprimento do caule	 Largo	 Curto
Cor da vagem	 Verde	 Amarela			

Os sete caracteres analisados por Mendel.

Estudo estatístico da transmissão dos caracteres hereditários

Mendel utilizou o termo «carácter» nos seus trabalhos para designar a característica em estudo (por exemplo, a forma da semente) e para as manifestações dessa característica (neste caso, lisa e rugosa)

O êxito de Mendel deve-se principalmente ao seu método de trabalho em que primeiro seleccionou variedades de plantas de linhagem pura para cada uma das características em estudo, depois executou com essas variedades experiências de hibridação, ou seja, cruzou plantas de linhagens puras que diferem em alguns dos seus caracteres e seguiu metodicamente, na descendência, o comportamento de:

- Um só par de caracteres, independentemente dos outros – experiências de mono-hibridismo;
- Dois pares de caracteres em simultâneo – experiências de di-hibridismo;
- Três ou mais pares de caracteres – experiências de poli-hibridismo.

Finalmente, usou o método estatístico na análise dos resultados, ou seja, baseou os seus cálculos sempre num número elevado de descendentes.

São de linhagem pura para uma ou mais características os seres vivos que, cruzados entre si, dão origem a descendentes onde ao longo de gerações sucessivas essas características se mantêm invariáveis.

1.ª lei de Mendel – Lei da uniformidade dos híbridos da 1.ª geração

Experiência de mono-hibridismo

Nesta experiência, Mendel seguiu, na descendência, o comportamento da forma das sementes das ervilheiras:

1 – Semeou, em locais diferentes, lisas e rugosas de linhagem pura e usou para essas sementes a simbologia P.

2 – Praticou nessas plantas a hibridação por polinização cruzada.

Às plantas usadas como progenitores cortou os estames antes do seu amadurecimento para deste modo evitar a autofecundação.

Verificou que todas as sementes resultantes deste cruzamento eram lisas e usou para estes híbridos da 1.ª geração a simbologia F₁.

Verificou que o resultado deste cruzamento não se alterava se as plantas usadas como progenitores masculinos nuns cruzamentos fossem usadas noutros como progenitores femininos ou vice-versa.

3 – No ano seguinte, semeou as sementes lisas da 1.ª geração e permitiu que nas flores produzidas pelas plantas desenvolvidas a partir delas ocorresse a autofecundação.

Usou para as sementes obtidas a partir de F₁ a simbologia F₂.

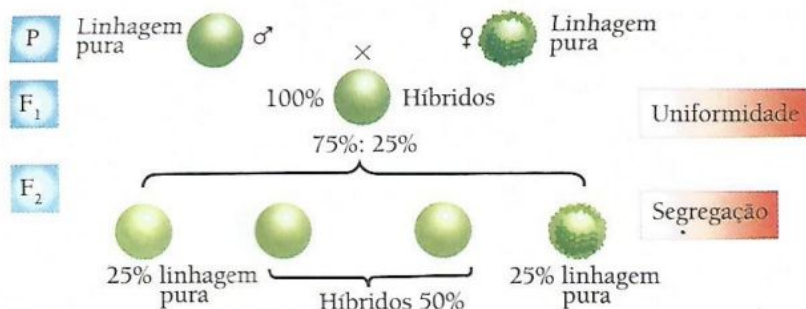
Verificou que essas sementes eram lisas, rugosas e por vezes misturadas na mesma vagem.

Verificou que as sementes lisas eram muito mais numerosas que as sementes rugosas.

A proporção entre elas era de 75% de lisas para 25% de rugosas ou 3:1.

Conclusão:

A partir dos híbridos há segregação de características – **princípio da segregação** – os factores para um dado carácter ocorrem aos pares no indivíduo e segregam-se na formação dos gâmetas, que por esta razão são sempre puros.



Uma experiência de Mendel.

4 – No ano seguinte semeou, separadamente, as sementes da geração F₂ e verificou que:

- As sementes rugosas só deram origem a sementes rugosas – eram de linhagem pura.
- As sementes lisas tiveram comportamento diferente.

- Algumas só produziram sementes lisas – eram de linhagem pura.
- Outras tiveram comportamento idêntico ao dos híbridos da 1.^a geração – eram híbridos.

Estes resultados permitiram concluir que:

Na 2.^a geração a proporção é de 75% de lisas e 25% de rugosas ou 3:1 correspondia a:

- 25% lisas de linhagem pura.
- 50% lisas híbridas.
- 25% rugosas de linhagem pura.

Ou seja, 1:2:1.

Interpretação de Mendel

Mendel não tinha conhecimentos de mitose, meiose, cromossomas ou genes. Porém, sabia que na fecundação se juntam dois gâmetas, um de origem paterna outro de origem materna, e que da fecundação resulta o ovo que está na origem de uma nova geração.

Assim sendo, concluiu que cada gâmeta transporta para o ovo uma mensagem por característica. Essa mensagem é transportada por determinado elemento contido no núcleo, a que chamou factor hereditário e representou por uma letra. No caso das sementes lisas, chamou-o de **L** e, nas sementes rugosas de **r**.

Concluiu também que o ovo e todas as células dele resultantes possuem dois factores por característica, um de origem materna e outro de origem paterna. Nos indivíduos de linhagem pura esses dois factores são iguais: **LL** ou **rr**, e nos híbridos esses dois factores são diferentes: **Lr**.

Mendel admitiu que, quando dois factores do mesmo par, mas com mensagem diferente para a característica apareciam juntos, só um deles se manifestava, ou seja, um deles era dominante sobre o outro.

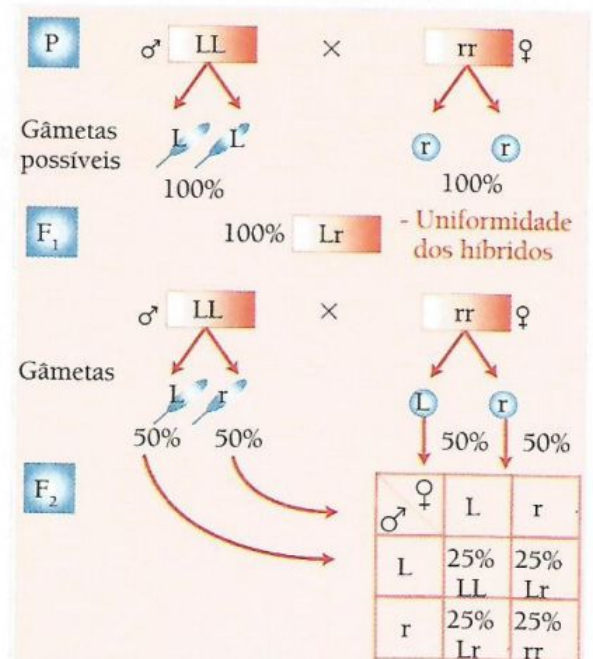
Neste caso, era o factor **L** que dominava sobre o factor **r**, razão pela qual as sementes dos híbridos – **Lr** – são lisas como as sementes das linhagens puras **LL**.

Na formação dos gâmetas, os factores separam-se e cada gâmeta tem igual probabilidade de receber um ou outro factor de cada par. Por exemplo, as plantas **LL** só produzirão gâmetas portadores do factor **L** pois todos os gâmetas, quer masculinos quer femininos, transportam factores iguais e, portanto, informação hereditária.

Porém, as plantas **Lr** produzirão gâmetas, uns portadores do factor **L** e outros portadores do factor **r**.

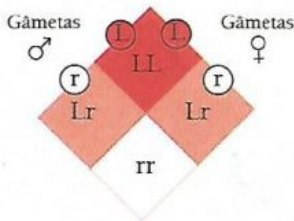
Tratando-se de dois acontecimentos possíveis, a probabilidade do tipo de gâmetas nos híbridos é expressa pela fracção $\frac{1}{2}$.

- $\frac{1}{2}$ **L** + $\frac{1}{2}$ **r** para gâmetas masculinos.
- $\frac{1}{2}$ **L** + $\frac{1}{2}$ **r** para gâmetas femininos.



Gâmetas	$\frac{1}{2}$ L	$\frac{1}{2}$ r
♂		
♀	$\frac{1}{4}$ LL	$\frac{1}{4}$ Lr
	$\frac{1}{4}$ Lr	$\frac{1}{4}$ rr

Xadrez mendeliano.



Quadrado de Punnet.

A probabilidade de encontro dos gâmetas no zigoto pode calcular-se multiplicando a probabilidade para cada um, ou usando um quadro de duas entradas que, por homenagem a Mendel, é chamado **xadrez mendeliano**.

O xadrez mendeliano ou **quadrado de Punnet** pode ser usado de um modo mais simples, indicando-se apenas a constituição dos gâmetas.

O resultado previsto é:

- $\frac{1}{4}$ LL: + $\frac{1}{2}$ Lr: $\frac{1}{4}$ rr ou
- 25% LL: 50% Lr: 25% rr ou
- 1 LL: 2 Lr: 1 rr

O que significa: • 75% lisas : 25% ou • 3 lisas: 1 rugosa

Os cálculos matemáticos coincidiram com as proporções entre o número de sementes observadas na experiência de Mendel.

Os resultados são estatísticos, e por isso só são verificáveis nestas proporções em elevado número de descendentes. Se limitarmos a observação a um pequeno número de vagens da geração F_2 , algumas delas só conterão sementes lisas, outras conterão apenas sementes rugosas e a maior parte conterá uma mistura dos dois tipos de sementes mas em proporções muito variáveis, a maior parte das vezes diferente de 3:1.

Hereditariedade × Estatística

A lei estatística de Mendel, como todas as leis estatísticas, só se verifica em grandes números de amostras.

Por exemplo: jogando-se à cara-coroa com uma só moeda, teoricamente há iguais probabilidades de sair uma face ou outra da moeda, entretanto, isto não se verifica se não for feito um grande número de lançamentos.

Por exemplo: em 10 jogadas, é possível que apareça oito vezes cara e duas coroa, obtendo-se uma probabilidade teórica de $\frac{1}{2}$ obtém-se um valor prático em 10 lançamentos de $\frac{1}{4}$.

Em 100 jogadas é possível que apareça, por exemplo, 43 vezes a cara e 57 vezes a coroa e o desvio é menor.

Em 1000 jogadas o desvio será ainda mais pequeno, pois é possível que apareça 510 vezes cara e 490 coroa.

	Probabilidade $\frac{1}{2}$	Probabilidade $\frac{1}{2}$
Probabilidade $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$
Probabilidade $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

O grande êxito de Mendel deve-se, em parte, ao facto de se ter apercebido desta lotaria e não se ter limitado a observar um pequeno número de descendentes de um só cruzamento, como tinham feito os seus predecessores.

Executando muitos cruzamentos idênticos de cada vez conseguiu um grande número de descendentes que pôde considerar como resultantes de um único cruzamento.

Só assim pôde introduzir o uso da matemática para analisar os resultados e estabelecer os princípios que os explicam.

A expressão em linguagem matemática adoptada por Mendel ainda hoje é universalmente adoptada.

Dominância de um gene sobre o seu alelo

Nos trabalhos de Mendel, os híbridos de F_1 (heterozigóticos) revelavam sempre o carácter dominante, presente num dos progenitores – o alelo dominante manifestava o seu efeito, enquanto o outro permanecia recessivo (oculto).

Cruzamento de ratos de linhagens puras que diferem na cor do pêlo

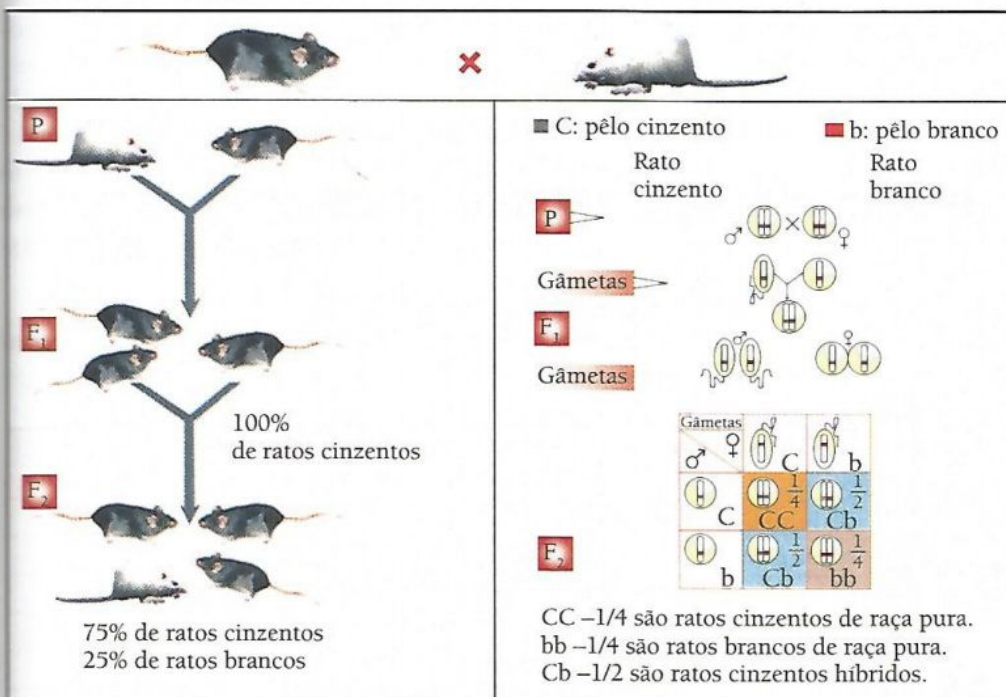
Cruzando ratos cinzentos com ratos brancos, ambos de linhagens puras, verifica-se que a geração F_1 é constituída apenas por ratos cinzentos enquanto que a geração F_2 compreende, em valores estatísticos, 3 vezes mais ratos cinzentos do que ratos brancos.

Os resultados são independentes do sexo dos progenitores, ou seja, é indiferente utilizar um macho de pêlo cinzento com uma fêmea de pêlo branco, ou o inverso.

A interpretação destes resultados mostra que o gene **C** é dominante em relação ao seu alelo recessivo – **b**.

São cinzentos: os ratos de genótipo **CC** – homozigóticos – e os ratos de genótipo **Cb** – heterozigóticos.

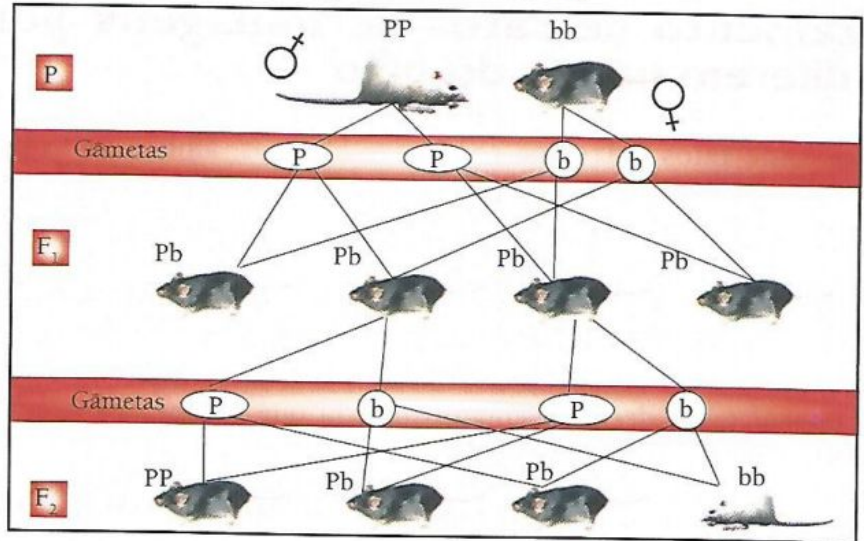
São brancos apenas os ratos de genótipo **bb** – homozigóticos.



Cruzamentos de cobaias que diferem na cor do pêlo

O cruzamento de cobaias pretas com cobaias brancas, todas homozigóticas, e o cruzamento de cobaias heterozigóticas estão representados na figura.

A cor preta das cobaias heterozigóticas indica que o gene para cor preta **P** – domina o seu alelo para cor branca – **b**.



Exemplos humanos

A cor dos olhos no homem também é um carácter hereditário e autossomático.

Num casal, ambos de linhagem pura, um de olhos azuis e outro de olhos castanhos, todos os filhos terão olhos castanhos.

Num casal de olhos castanhos, mas ambos heterozigóticos, poderão nascer filhos de olhos castanhos e filhos de olhos azuis. Neste último caso as probabilidades para cada um destes dois fenótipos são 75% de olhos castanhos e 25% de olhos azuis.

Em muitos casos humanos a hereditariedade autossomática tem comportamento idêntico. Exemplos:

Dominante	Recessivo
Cabelo escuro	Cabelo louro
Cabelo frisado	Cabelo liso
Orifícios nasais grandes	Orifícios nasais pequenos
Pestanas compridas	Pestanas curtas
Olhos em amêndoa	Olhos redondos
Lábios grossos	Lábios finos

Dominância incompleta e co-dominância

Há casos em que os híbridos de F_1 não exibem o carácter de um dos progenitores, mas um fenótipo diferente de ambos, o que possibilita a imediata identificação dos respectivos genótipos. São exemplos de situação de ausência de dominância a herança da cor do pêlo de alguns bovinos, ratos, cobaias de cor da corola das flores bocas-de-lobo.

O facto de existirem pares de alelos em que nenhum deles é dominante facilita a determinação do genótipo de um dado animal ou planta através da análise do seu fenótipo. Este aspecto é importante quando se pretende fazer determinados cruzamentos com o objectivo de seleccionar indivíduos com maior valor económico.

No cruzamento entre flores bocas-de-lobo vermelhas e brancas, verifica-se que todos os híbridos de F_1 apresentem uma corola cor-de-rosa, ou seja, um fenótipo diferente dos progenitores.

No cruzamento entre bovinos de pêlo vermelho e pêlo branco resultam animais com coloração que é diferente da de qualquer dos progenitores, mas em que há uma mistura de pêlo vermelho e branco determinando uma coloração ruão.

Na transmissão da cor da corola das flores da bocas-de-lobo não há dominância total do alelo vermelho sobre o alelo branco, surgindo um fenótipo intermédio cor-de-rosa, por isso se diz que é uma situação de **dominância incompleta**.

No caso dos bovinos, ambos os alelos manifestam-se nos indivíduos da geração F_1 , originando a coloração Ruão – é uma situação de **co-dominância** dos alelos, uma vez que ambos os alelos têm igual peso na determinação do fenótipo.

Cruzamentos entre plantas que diferem na cor das flores

Conhecem-se na planta bocas-de-lobo linhagens puras, umas com flores brancas e outras com flores vermelhas, que quando cruzadas entre si, os híbridos da primeira geração apresentam todos coloração cor-de-rosa.

Neste caso, os híbridos não apresentam o aspecto de nenhum dos pais, mas sim um aspecto intermédio.

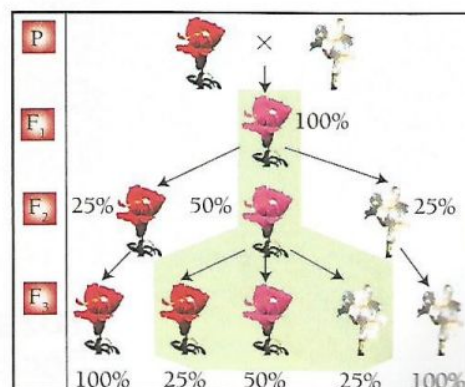
O cruzamento dos híbridos da 1.^a geração dá origem à geração F_2 composta por plantas com flores vermelhas, brancas e cor-de-rosa.

Dispondo de um grande número destas plantas, pode verificar-se que as proporções estatísticas entre elas são:

- 25% de plantas com flores vermelhas.
- 50% de plantas com flores cor-de-rosa.
- 25% de plantas com flores brancas.

A interpretação deste cruzamento está apresentada no esquema.

A cor rosa dos híbridos indica que qualquer dos genes intervém na expressão dessa característica. Deste modo, os híbridos apresentam um fenótipo intermédio dos fenótipos das linhagens puras.



Por essa razão, os híbridos distinguem-se imediatamente dos indivíduos de linhagem pura.

Conclusão

Nos casos de dominância incompleta, os híbridos possuem um fenótipo intermédio entre o fenótipo das linhagens pura, ou seja, nenhum dos alelos consegue expressar-se totalmente.

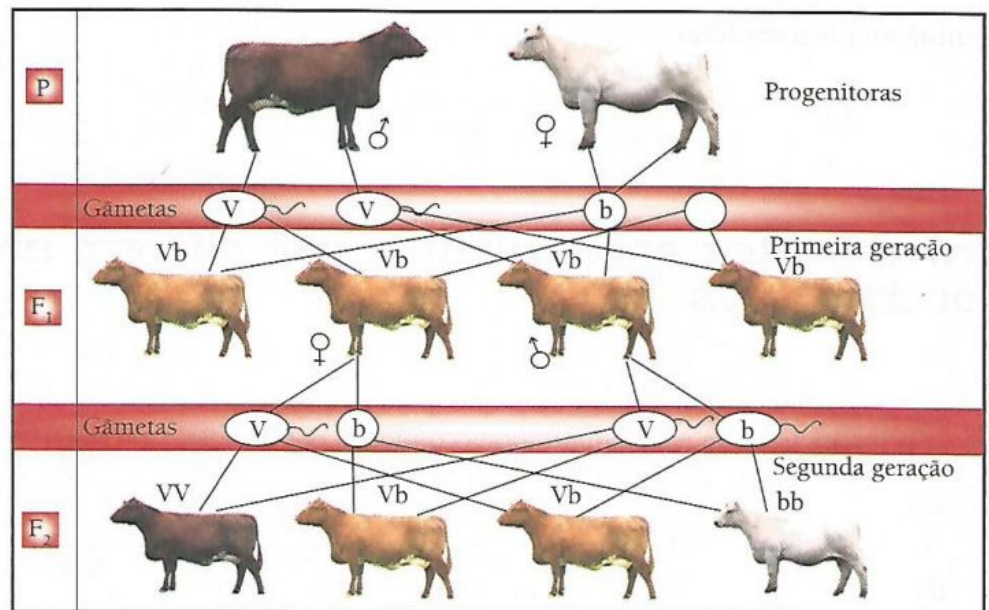
Cruzamento de bovinos que diferem na cor do pêlo

Do cruzamento entre touros vermelhos homozigóticos e vacas brancas também homozigóticas nascem animais cujo fenótipo resultante é em todos do tipo ruão havendo uma uniformidade dos híbridos.

Os híbridos apresentam, em relação aos progenitores, um fenótipo intermediário e portanto não há necessidade de estudar a sua descendência para verificar as suas possibilidades hereditárias.

Quando são cruzados animais deste tipo, haverá probabilidades de nascerem animais com três fenótipos distintos quanto à cor do pêlo e nas seguintes proporções:

- 1/4 vermelhos: 1/2 do tipo ruão: 1/4 brancos ou
- 1:2:1 ou
- 25%:50%:25%



Na co-dominância os dois genes alelos manifestam-se no fenótipo. Outro exemplo:

Cruzamento entre cães de cor branca com cães de cor preta

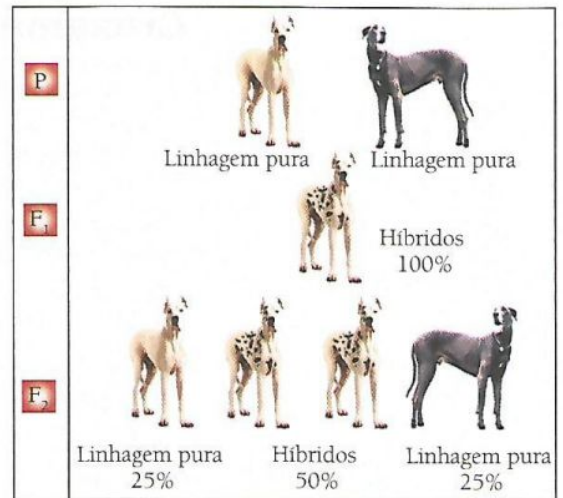
A interpretação dos resultados não difere daquilo que foi previsto de acordo com os dois princípios de Mendel: a uniformidade dos híbridos e a segregação a partir dos híbridos.

A diferença consiste na expressão dos dois alelos nos fenótipos dos híbridos, em que um dos genes informa para branco e o pêlo do híbrido apresenta cor branca e o outro gene informa para preto e o pêlo do híbrido apresenta cor preta.

Conclusão

Nos casos de co-dominância, os dois alelos manifestam-se no fenótipo.

Tal como nos casos de dominância incompleta, os híbridos são fenotipicamente distintos dos indivíduos de linhagens puras para essa característica.



Determinação do genótipo

Nos casos em que há **co-dominância** ou **dominância incompleta**, pode determinar-se o genótipo pela observação do indivíduo pois o indivíduo heterozigótico é diferente de qualquer dos indivíduos homozigóticos. Exemplo:

	Fenótipo	Genótipo
Touro	Vermelho	VV
	Branco	BB
	Ruão	VB
Cães dálmatas	Branco	BB
	Branco com manchas pretas	BP
	Preto	PP

Quando há **dominância**, o híbrido é fenotipicamente igual ao indivíduo de linhagem pura para o carácter dominante. Exemplo:

	Fenótipo	Genótipo
Semente	Rugosa	rr
	Lisa	LL ou Lr
Cobaia	Branca	bb
	Preta	PP ou Pb

Como saber, neste caso, se um indivíduo que manifesta o carácter dominante é híbrido ou de linhagem pura?

Como determinar o seu genótipo?

Nas plantas com polinização directa – autofecundação – a observação da descendência poderá permitir a determinação do genótipo.

Nas plantas de polinização cruzada e nos animais unissexuais, para se saber se o indivíduo é homozigótico ou heterozigótico faz-se um cruzamento e observam-se os descendentes.

Cruzamento-teste ou retrocruzamento

Este teste consiste no cruzamento do indivíduo de genótipo desconhecido com o homocigótico recessivo para o carácter considerado, ou seja, com um indivíduo de genótipo conhecido.











Se em algum descendente se expressar o carácter recessivo, isso significa que o indivíduo cujo genótipo se está a determinar é portador de um gene recessivo, logo, heterocigótico.

Resultados de um cruzamento-teste em cobaias onde há dominância do gene que informa para preto sobre o gene que informa para branco.

Uma cobaia preta será homocigótica (PP) ou heterocigótica (Pb)?

Cruzada com uma cobaia branca (bb) há probabilidades de dois tipos de resultados.

Cruzamento teste

Um macho preto de genótipo desconhecido	Deve ser cruzado com	Uma fêmea branca de genótipo conhecido
Pais  PP? ou Pb?	×	 bb
Gâmetas	(P) (?) Espermatozoides	(b) Óvulos
Se o macho for homocigótico (PP), todos os descendentes serão pretos.		Se o macho for heterocigótico, alguns descendentes serão brancos.
Pb  Pb Pb  Pb Pb  Pb		Pb  Pb Pb   bb bb   bb

	P	P
Pb	b	Pb
Pb	b	Pb

1.ª hipótese

Todos os descendentes são pretos.

Logo, o indivíduo a testar só forneceu uma categoria de gâmetas – P.

Ele deve ser homocigótico – PP.

As probabilidades são:

- 100% Pb – pretos

	P	P
b	Pb	bb
b	Pb	bb

2.ª hipótese

Nascem indivíduos brancos e indivíduos pretos.

Isto significa que o indivíduo a testar forneceu duas categorias de gâmetas – P e b. Portanto, ele é heterocigótico.

As probabilidades são: .

- 50% Pb – pretos
- 50% bb – brancos

Os resultados são estatísticos e portanto só verificáveis, nestas proporções, quando observados em elevado número de descendentes. Se o número de descendentes for reduzido, devemos ter em conta que:

- O nascimento de uma cobaia branca (**bb**) indica imediatamente que o indivíduo a testar é híbrido, pois do par de genes do seu filho (**bb**), um teve origem num progenitor e o outro no outro progenitor.
- O nascimento apenas de cobaias pretas, se não forem em elevado número, não pode significar, em erro, que a cobaia a testar é de linhagem pura. Ela pode ser heterozigótica (**Pb**) e o acaso ter determinado que os gâmetas que fecundaram a cobaia branca transportassem, todos, o gene **P**.

Por isso, para neste caso podermos concluir que essa cobaia é de linhagem pura teremos de obter dela só descendentes pretos mas em elevado número.

A interpretação dos resultados da geração **F₂** permite concluir que estes estão de acordo com o princípio da segregação dos caracteres proposto por Mendel, segundo o qual cada gâmeta tem igual probabilidade de receber um ou outro factor do par de alelos.

2.^a Lei de Mendel – Lei da disjunção ou segregação dos caracteres na geração **F₂**

Experiência de di-hibridismo

Os exemplos estudados caracterizam-se pelo facto de os indivíduos submetidos a cruzamento diferirem apenas em relação a um carácter, pelo que se consideram casos de mono-hibridismo.

Mendel também analisou a transmissão simultânea de duas características, tendo realizado as experiências usando o mesmo procedimento, e fazendo cruzamentos que incluíam dois pares de alelos – experiências de di-hibridismo.

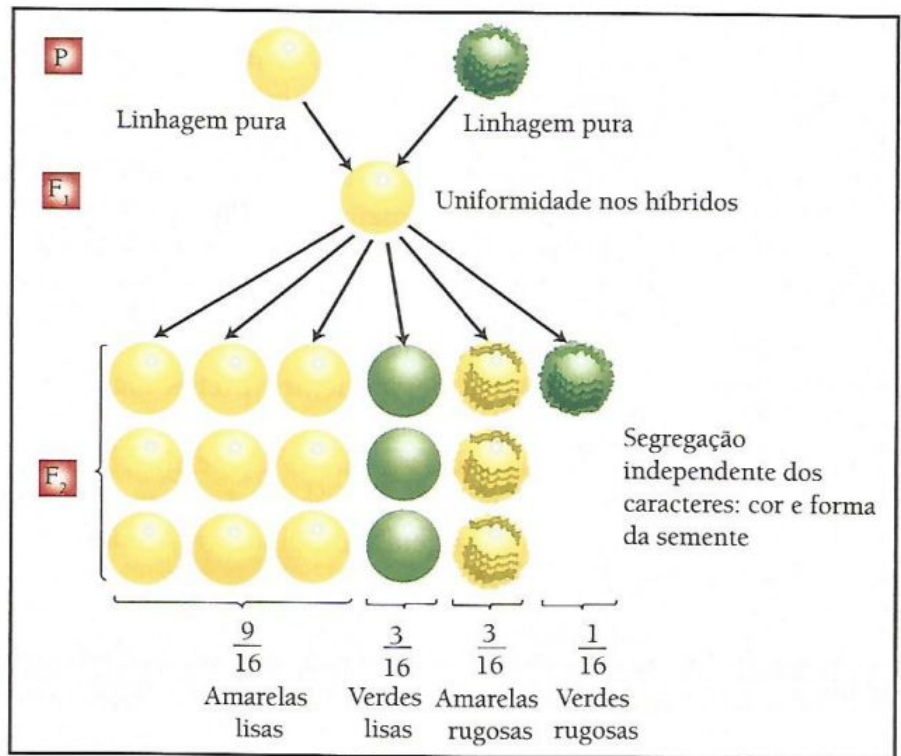
Ao realizar a experiência Mendel pretendia responder a um problema:

- Será que o par de factores responsável pela transmissão de uma determinada característica interfere ou tem relação com o outro par?
- Essa transmissão faz-se em bloco ou independentemente?

Para analisar simultaneamente a transmissão hereditária de dois caracteres, Mendel estudou na mesma experiência a transmissão dos caracteres, a forma e a cor das sementes das ervilheiras.

Cruzou plantas obtidas a partir de sementes lisas e amarelas com plantas obtidas a partir de sementes verdes e rugosas, ambas de linhagem pura para as duas características.

As sementes da 1.^a geração (F₁) eram todas amarelas e lisas, e foram semeadas novamente. As plantas originadas por autofecundação produziram as sementes da geração F₂.



Das 556 sementes que Mendel recolheu, da fecundação de 15 híbridos, verificou que:

- 315 eram amarelas e lisas, ou seja, aproximadamente $\frac{9}{16}$ da colheita.
- 101 eram amarelas rugosas, ou seja, aproximadamente $\frac{3}{16}$ da colheita.
- 108 eram verdes e lisas, ou seja, aproximadamente $\frac{3}{16}$ da colheita.
- 32 eram verdes rugosas, ou seja, aproximadamente $\frac{1}{16}$ da colheita.

Como nas experiências de mono-hibridismo, a geração F₂ manifestava-se heterógena, surgindo, no entanto, além dos fenótipos parentais, dois novos fenótipos (verde/liso e amarelo/rugoso).

Como explicar os resultados?

O aparecimento de dois novos fenótipos levou Mendel a pensar que os dois caracteres em conjunto se teriam combinado como produto das proporções obtidas nos cruzamentos separados de cada um dos caracteres (experiências de mono-hibridismo).

Descodificando teremos:

- **Cor da semente** – resultados na F₂ ($\frac{3}{4}$ amarelas; $\frac{1}{4}$ verdes)
- **Forma da semente** – resultados na F₂ ($\frac{3}{4}$ lisas; $\frac{1}{4}$ rugosas)

Multiplicando obteremos:

$$(\frac{3}{4} A + \frac{1}{4} a) \times (\frac{3}{4} L + \frac{1}{4} l) = \frac{9}{16} AL; \quad \frac{3}{16} Ar; \quad \frac{3}{16} aL; \quad \frac{1}{16} ar$$

(amarelas lisas) (amarelas rugosas) (verdes lisas) (verdes rugosas)

Teoricamente, os resultados estão de acordo com as proporções fenotípicas obtidas experimentalmente por Mendel na geração F₂ – 9,8 AL:3,1 Ar:3,3 aL:1 ar.

Mendel admitiu que no momento da formação dos gametas dos di-híbridos os factores separam-se e cada gâmeta recebe apenas um factor de cada par.

A disjunção dos factores do par Av e os do par Lr faz-se independentemente um do outro – **princípio da segregação independente**, ou seja, um factor de um par combina-se com um ou outro dos factores de outro par, o que explica a existência de sementes onde as características apareciam combinadas de modo diferente.

De acordo com este princípio, não só os alelos de cada par se separam nos gametas como também os dois pares de alelos se segregam independentemente uns dos outros.

Como já foi referido, Mendel supôs que cada carácter era determinado por dois factores hereditários, actualmente designados por genes, que podiam ter informações iguais ou contrastantes.

No caso em estudo, cada progenitor produz um único tipo de gâmeta, **AL** ou **vr**.

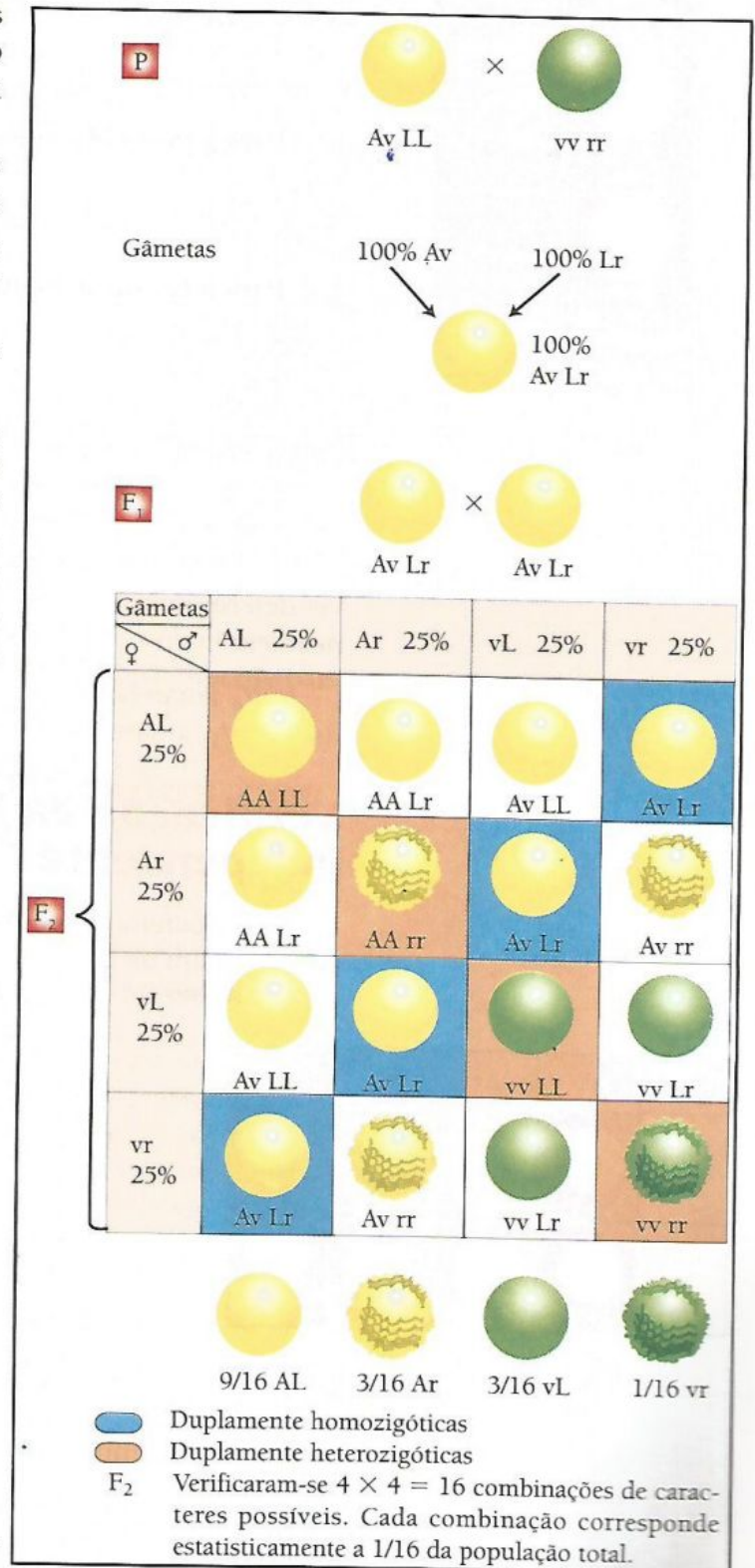
Os híbridos de **F₁** têm como genótipo **Av Lr**, pois o par de alelos para cada carácter reúne-se durante a fecundação. Estas sementes apresentavam-se todas com a cor amarela e forma lisa, pois têm os dois alelos dominantes e são duplamente heterozigóticas ou di-híbridas. Por isso, a designação de di-híbrido para a transmissão de dois caracteres hereditários.





Ao formarem-se os gametas do **F₁**, dá-se a disjunção dos alelos e cada gâmeta recebe um dos alelos de cada par. Por isso, cada indivíduo de **F₁** pode formar quatro tipos de gametas – **AL**, **Ar**, **vL**, **vr** – resultantes das combinações dos quatro alelos, dois a dois, pois o factor **A** só se pode associar com o factor **L** ou **r**, tal como factor **v**, e como consequência a sua probabilidade será de 1/4

Aquando da fecundação, o encontro ao acaso dos quatro tipos de gametas possíveis dá origem a 16 genótipos que correspondem às proporções fenotípicas observadas:

$\frac{9}{16}$ amarelas lisas; $\frac{3}{16}$ amarelas rugosas; $\frac{3}{16}$ verdes lisas; $\frac{1}{16}$ verde rugosa, ou seja, 9:3:3:1.

Determinação dos genótipos de **F₂**.



Fenótipo	Genótipo
 9/16 Amarelas lisas	1/16 AA LL 2/16 Av LL 2/16 AA Lr 4/16 Av Lr
 3/16 Amarelas rugosas	2/16 Av rr 1/16 AA rr
 3/16 Verdes lisas	2/16 vv Lr 1/16 vv LL
 1/16 Verdes rugosas	1/16 vv rr

Proporção dos fenótipos e genótipos de F₂.

Analisando o quadro observam-se 9 combinações diferentes às quais correspondem, devido à dominância de um factor sobre o outro, 4 tipos diferentes de sementes.

As proporções entre esses 4 tipos de sementes, calculadas teoricamente, são coincidentes com as proporções observadas por Mendel na sua experiência.

Entre as sementes verdes-lisas e as amarelas-rugosas, a maior parte (2/3) é híbrida, mas as outras (1/3) são linhagens puras para os 2 caracteres: **vv LL** e **AA rr**.

Se considerarmos, separadamente, cada par de caracteres, na geração F₂ aparecem:

Para a forma da semente:

- $\frac{9}{16} + \frac{3}{16} = \frac{12}{16} = \frac{3}{4}$ sementes lisas
- $\frac{3}{16} + \frac{1}{16} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4}$ sementes rugosas

Para a cor da semente:

- $\frac{9}{16} + \frac{3}{16} = \frac{12}{16} = \frac{3}{4}$ sementes amarelas
- $\frac{3}{16} + \frac{1}{16} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4}$ sementes verdes

Para qualquer característica mantém-se a proporção de 3:1, tal como nos casos do mono-hibridismo, o que confirma a segregação independente dos pares de factores hereditários a partir dos híbridos.









Multiplicando os resultados previstos para cada característica é possível determinar teoricamente o resultado para várias características simultaneamente:

$$(\frac{3}{4} \text{ amarelas} + \frac{1}{4} \text{ verdes}) (\frac{3}{4} \text{ lisas} + \frac{1}{4} \text{ rugosas}) = \frac{9}{16} \text{ amarelas lisas} + \frac{3}{16} \text{ amarelas rugosas} + \frac{3}{16} \text{ verdes lisas} + \frac{1}{16} \text{ verde rugosa.}$$

Verificação da hipótese da disjunção independente

Efectuaremos um cruzamento-teste entre os híbridos da 2.^a geração – **Av Lr** – e um de linhagem pura para as duas características – **vv rr**.

A linhagem pura **vv rr** só produzirá um tipo de gâmetas: **vr**.

G. Híbridos	AL	Ar	vL	vr
Av Lr vv rr				
vr	Av Lr	Av rr	vv Lr	vv rr
vr				
vr	Av Lr	Av rr	vv Lr	vv rr

Porém, as sementes apresentam 4 aspectos distintos:

- 1/4 amarelas lisas.
- 1/4 amarelas rugosas.
- 1/4 verdes lisas.
- 1/4 verdes rugosas.

Isto mostra que o híbrido, efectivamente, produziu quatro tipos de gâmetas:

$$\bullet \frac{1}{4} AL + \frac{1}{4} Ar + \frac{1}{4} vL + \frac{1}{4} vr$$

O que confirma a segregação independente para os vários pares de factores hereditários intervenientes. Este tipo de cruzamentos, que incluem dois pares de alelos localizados em cromossomas diferentes ou em pontos distantes dos mesmos cromossomas, permitem o aparecimento de novas

combinações hereditárias e, portanto, de novos fenótipos. Tal facto, que tem por base o fenómeno da segregação independente dos alelos de cada par, serve-se de grande interesse científico e económico, na medida em que é possível obter-se, a partir do cruzamento de indivíduos de F_1 , novas variedades ou raças de plantas e animais geneticamente estáveis.

O princípio da segregação independente de caracteres conserva a sua validade quando os progenitores diferem por mais de dois caracteres, por exemplo, experiências que envolvam mais de três, quatro, ..., n pares de alelos – **tri-hibridismo**, **tetra-hibridismo**, **poli-hibridismo**. O número de combinações possíveis entre eles varia com o número de pares de caracteres considerados.

No entanto, é possível prever estatisticamente os resultados dos descendentes através da aplicação do princípio das probabilidades, já estudados anteriormente. A transmissão dos caracteres hereditários não se faz de forma arbitrária, mas obedece a **princípios básicos**.

Estes princípios organizaram-se em forma de leis e, por serem dedicadas a Mendel, ficaram conhecidas por **Leis de Mendel**:

- 1.^a **Lei – Lei da uniformidade dos híbridos da primeira geração**: todos os híbridos da geração F_1 são semelhantes entre si, apresentando o mesmo fenótipo.
- 2.^a **Lei – Lei da disjunção ou segregação dos caracteres na geração F_2** : os indivíduos da geração F_2 apresentam diferentes tipos de fenótipos. Esta diferença é explicada pela disjunção (separação) dos alelos no momento da formação dos gametas (pureza dos gametas).
- 3.^a **Lei – Lei da independência dos caracteres**: os fenótipos observados revelam que a disjunção se faz de um modo independente para os diferentes pares de alelos.

Factores mendelianos identificados com genes – teoria cromossomática da hereditariedade

Os factores hereditários foram considerados, por Mendel, elementos celulares portadores de mensagens que através dos gametas passam de pais para filhos.

Antigamente pouco se sabia de biologia celular, pois ainda não tinham sido descritos os mecanismos da mitose e meiose. Sabia-se apenas da existência de citoplasma e núcleo e ainda não se tinham observado os cromossomas e a sua distribuição nas células-filhas no decorrer da divisão celular. O DNA só viria a ser descoberto e a ser extraído muito mais tarde.

O conceito de gene, como segmento de DNA com mensagem codificada para a síntese de proteínas específicas, só muito tempo depois viria a ser conhecido.

Só em 1900, alguns anos após a morte de Mendel, o valor da sua obra foi reconhecido. Entretanto, devido ao aperfeiçoamento das técnicas para execução de preparações, o estudo da célula teve um grande desenvolvimento.

A hereditariedade entrou numa nova fase de pesquisas e as conclusões de Mendel puderam ser relacionadas com os conhecimentos de citologia.

Walter Sutton, um estudante que trabalhava na Universidade de Columbia, e E. B. Wilson, famoso citologista, notaram que existe paralelismo entre o suposto comportamento dos factores de Mendel e o comportamento dos cromossomas na meiose e na fecundação.

Mas será que os factores mendelianos se identificam com os cromossomas?

Então, em cada ser vivo o número de características hereditárias teria de ser igual ao número de pares de cromossomas, o que não é verdade.

O que acontece é que o número de caracteres hereditários é muito superior ao número de pares de cromossomas, passando então, a admitir-se que no mesmo cromossoma situar-se-iam numerosos factores hereditários, dispostos linearmente ao longo dele. Deste modo, cada cromossoma transportaria mensagens para várias características.

Os factores mendelianos foram identificados com os genes e a hipótese foi confirmada, passando a constituir a **teoria cromossomática da hereditariedade**.

De acordo com esta teoria os genes estão localizados nos cromossomas, o ovo e todas as células diplóides possuem nos diferentes pares de cromossomas homólogos, pares de genes alelos, sendo em cada par um de origem paterna e outro de origem materna e os gâmetas têm apenas um cromossoma de cada par de homólogos e, conseqüentemente, um gene de cada par de genes alelos.

A partir do momento em que os factores mendelianos passaram a ser identificados com os genes, a ciência da hereditariedade passou a chamar-se **Genética**.

Genealogia

No caso da espécie humana, em que não se pode realizar experiências com cruzamentos dirigidos, a determinação do padrão de herança das características depende de um levantamento do histórico das famílias em que certas características aparecem. Isso permite ao geneticista saber se uma dada característica é ou não hereditária e de que modo ela é herdada. Esse levantamento é feito na forma de uma representação gráfica denominada **árvore genealógica**, também conhecida como **genealogia** ou **heredograma** (do latim *heredium*, herança).

Construir uma árvore genealógica consiste em representar, usando símbolos, as relações de parentesco entre os indivíduos de uma família. Cada indivíduo é representado por um símbolo que indica as suas características particulares e a sua relação de parentesco com os demais.

Indivíduos do sexo masculino são representados por um quadrado, e os do sexo feminino por um círculo. O casamento, no sentido biológico de procriação, é indicado por um traço horizontal que une os dois membros do casal. Os filhos de um casamento são representados por traços verticais unidos ao traço horizontal do casal.

Os principais símbolos são os seguintes:

- | | | | |
|-------------------------------|--|----------------------------|--------------------------|
| □ Indivíduo do sexo masculino | ④ ② N.º de filhos do sexo indicado | □-○ Casamento | □-○ Relação consanguínea |
| ○ Indivíduo do sexo feminino | ■ ● Afectado | □-○ Relação extra-conjugal | □-○ Gêmeos monozigóticos |
| ◇ Sexo indefinido | ▬ ● Heterozigóticos para um carácter autossómico | □-○ Divórcio | ○-○ Gêmeos dizigóticos |

A montagem duma árvore genealógica obedece a algumas regras:

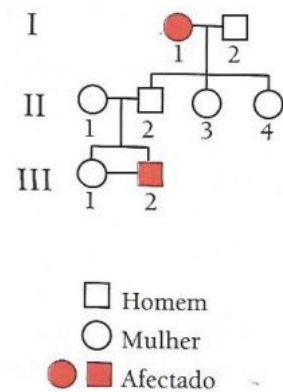
- Em cada casal, o homem deve ser colocado à esquerda e a mulher à direita, sempre que for possível.
- Os filhos devem ser colocados em ordem de nascimento, da esquerda para a direita.
- Cada geração que se sucede é indicada por algarismos romanos (I, II, III, etc.). Dentro de cada geração, os indivíduos são indicados por algarismos árabes, da esquerda para a direita. Outra possibilidade é indicarem-se todos os indivíduos de uma árvore genealógica por algarismos árabes, começando-se pelo primeiro da esquerda, da primeira geração.

Interpretação das árvores genealógicas

A análise das árvores genealógicas pode permitir determinar o padrão de herança de uma certa característica (se é autossómica, se é dominante ou recessiva, etc.). Permite, ainda, descobrir o genótipo das pessoas envolvidas, se não de todas, pelo menos de parte delas. Quando um dos membros de uma genealogia manifesta um fenótipo dominante, e não conseguimos determinar se ele é homocigótico dominante ou heterocigótico, habitualmente o seu genótipo é indicado como A-, B- ou C-, por exemplo. A primeira informação que se procura obter, na análise de uma árvore genealógica, é se o carácter em questão é condicionado por um gene dominante ou recessivo. Para isso, devemos procurar, na árvore genealógica, casais que são fenotipicamente iguais e tiveram um ou mais filhos diferentes deles. Se a característica permaneceu oculta no casal, e se manifestou no filho, só pode ser determinada por um gene recessivo. Pais fenotipicamente iguais, com um filho diferente deles, indicam que o carácter presente no filho é recessivo! Uma vez que se descobriu qual é o gene dominante e qual é o recessivo, vamos agora localizar os homocigóticos recessivos, porque todos eles manifestam o carácter recessivo. Depois disso, podemos começar a descobrir os genótipos das outras pessoas. Devemos lembrar-nos de duas coisas:

- Num par de genes alelos, um veio do pai e o outro veio da mãe. Se um indivíduo é homocigótico recessivo, ele deve ter recebido um gene recessivo de cada ancestral.
- Se um indivíduo é homocigótico recessivo, ele envia o gene recessivo para todos os seus filhos. Dessa forma, como num «quebra-cabeças», os outros genótipos vão sendo descobertos. Todos os genótipos devem ser indicados, mesmo que na sua forma parcial (A- por exemplo).

Numa árvore desse tipo, as mulheres são representadas por círculos e os homens por quadrados. Os casamentos são indicados por linhas horizontais ligando um círculo a um quadrado. Os algarismos romanos I, II, III à esquerda da genealogia representam as gerações. Estão representadas três gerações. Na primeira há uma mulher e um homem casados, na segunda, quatro pessoas, sendo três do sexo feminino e uma do masculino. Os indivíduos presos a uma linha horizontal por traços verticais constituem uma irmandade. Na segunda geração observa-se o casamento de uma mulher com um homem de uma irmandade de três pessoas.



Hereditariedade autossomática

A hereditariedade autossomática está relacionada com características em que os genes responsáveis estão localizados nos autossomas. O cruzamento recíproco dá resultados iguais, já que este par de cromossomas é constituído por dois cromossomas iguais. Na hereditariedade ligada ao sexo, o cruzamento recíproco não dará resultados iguais, já que estes cromossomas são diferentes.

Autossomas ou cromossomas somáticos são todos os cromossomas que fazem parte do património genético da espécie excluindo os cromossomas sexuais.

O ser humano possui 44 autossomas (22 pares) e mais um par de cromossomas sexuais, que determinam o sexo.

Como os autossomas do mesmo par possuem a mesma carga genética para cada característica existe, num determinado par de autossomas, um par de genes alelos. No caso de os genes alelos possuírem informação diferente existem consequências para o fenótipo.

Por exemplo, se uma planta transporta um gene com informação para vermelho e um alelo com informação para branco respeitante às pétalas, as suas flores poderiam ser vermelhas, brancas, vermelhas e brancas ou cor de rosa e é necessária a obtenção de resultados experimentais para se chegar a uma resposta e ter-se em conta que o comportamento de cada par de alelos nos híbridos é muito variável de par para par e depende das espécies.

Transmissão autossómica dominante

- Mulheres e homens são afectados com a mesma frequência.
- Mulheres e homens transmitem o carácter com a mesma frequência.
- Gerações sucessivas são afectadas. A transmissão do carácter pára numa geração em que nenhum indivíduo seja afectado.
- Pelo menos um dos pais de um indivíduo afectado também é afectado.
- Os indivíduos afectados são homozigóticos dominantes ou heterozigóticos.

Exemplos: orelhas com lóbulo solto, capacidade de enrolar a língua, cabelo castanho, visão normal, polidactilia, hipercolorterolémia familiar, intolerância à lactose.

Transmissão autossómica recessiva

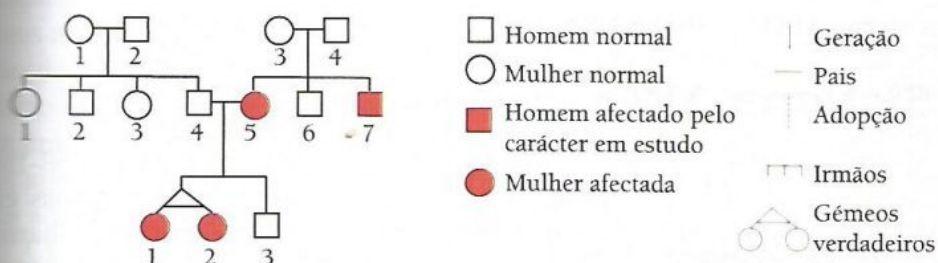
- Mulheres e homens são afectados com a mesma frequência.
- Mulheres e homens transmitem o carácter com a mesma frequência.
- A transmissão do carácter pode saltar gerações.
- Os pais de um indivíduo afectado ou manifestam o carácter ou são portadores
- Os indivíduos afectados são homozigóticos recessivos.
- Os heterozigóticos são portadores.

Exemplos: orelhas com lóbulo aderente, inaptidão para enrolar a língua, cabelo louro, miopia, albinismo, fibrose quística.

Miopia

A miopia é uma anomalia que impede o indivíduo de ver bem ao longe.

Segue-se a árvore genealógica duma família em que há pessoas com miopia.



Através da análise da árvore genealógica verificamos que a miopia é uma anomalia hereditária determinada por um alelo autossómico recessivo em relação ao alelo que condiciona a visão normal. Sendo assim, da união de um homem e de uma mulher heterozigóticos podem nascer filhos míopes, que terão herdado de cada um dos seus progenitores o alelo para a miopia. Fazendo o xadrez mendeliano, verifica-se que a probabilidade de acontecer é de 25%, (mm).

Xadrez mendeliano

	N	m
N	NN	Nm
m	Nm	mm

N – indivíduo normal
m – indivíduo míope

Carácter miopia

Fenótipo	Genótipo
Visão normal	NN ou Nm
Miopia	mm

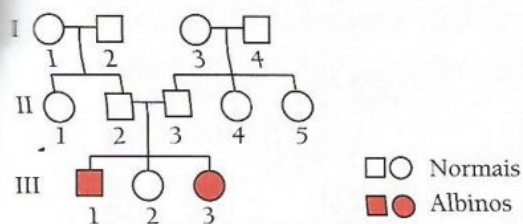
Albinismo

O albinismo é uma característica pouco comum nos seres vivos. No entanto verifica-se o seu aparecimento em alguns indivíduos de diferentes espécies animais incluindo a humana.

O albinismo é uma doença pouco frequente e hereditária caracterizada pela incapacidade de formação de melanina. As pessoas com albinismo (albinos) podem ter o cabelo branco, a pele pálida e os olhos rosados. Podem também apresentar, com frequência, visão anormal e movimentos oculares involuntários. Devido ao facto de a melanina proteger a pele da acção do sol, os albinos são muito propensos às queimaduras solares e, consequentemente, aos cancros da pele.

O albinismo ocorre tanto no sexo feminino como no masculino, pelo que o alelo responsável por esta característica localiza-se num autossoma, que é recessivo em relação ao que determina a pigmentação normal da pele (dominante).

Se os portadores forem portadores de uma característica determinada por um alelo dominante há pelo menos 75% de probabilidades de a característica aparecer na descendência. Mas se os progenitores forem portadores de uma característica recessiva, eles serão homozigóticos e, como tal, todos os descendentes irão manifestar essa característica.



Transmissão do albinismo.



Criança albina.

Xadrez mendeliano

	N	a
N	NN	Na
a	Na	aa

N – indivíduo normal
a – indivíduo albino

A probabilidade de um casal normal ter filhos albinos é de 25%.

Carácter albinismo

Fenótipo	Genótipo
Pigmentação normal da pele	NN (homozigótico) ou Na (heterozigótico)
Albino	aa

Grupos sanguíneos

Um dos primeiros estudos a ser realizado sobre a hereditariedade humana foi o que diz respeito à transmissão dos grupos sanguíneos do sistema ABO. A herança dos tipos sanguíneos do sistema ABO constitui um exemplo de alelos múltiplos na espécie humana. Existem mais de vinte sistemas de determinação do tipo de sangue, mas os mais conhecidos são o sistema ABO e o sistema Rh.

Sistema ABO

Por volta de 1900, o médico austríaco Karl Landsteiner (1868-1943) verificou que, quando amostras de sangue de determinadas pessoas eram misturadas, as hemácias se juntavam, formando aglomerados semelhantes a coágulos. Landsteiner concluiu que determinadas pessoas têm sangues incompatíveis, e, de facto, as pesquisas posteriores revelaram a existência de diversos tipos sanguíneos, nos diferentes indivíduos da população.

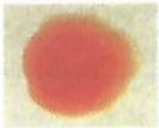
Para a maioria dos caracteres, há entre os diferentes indivíduos da mesma espécie mais de dois alelos diferentes chamados alelos múltiplos. Estes alelos combinam-se dois a dois entre si no genótipo de cada indivíduo híbrido, como nos casos em que há apenas dois genes para o mesmo carácter, pois cada progenitor contribui com um só alelo para a formação do descendente.

No caso dos grupos sanguíneos humanos do sistema ABO, o grupo sanguíneo é um carácter hereditário e imutável e depende da presença ou ausência de proteínas específicas, chamadas aglutinogénios localizados na membrana dos glóbulos vermelhos.

Uma pessoa:

- Com aglutinogénio A é considerada do tipo A.
- Com aglutinogénio B é considerada do tipo B.
- Com aglutinogénios A e B é do tipo AB.
- Sem aglutinogénios A e B é do tipo O.

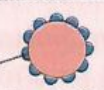

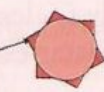

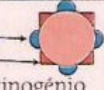


Os três genes, A B O, determinam a presença dos aglutinogénios nos glóbulos e, por consequência, o tipo sanguíneo de um indivíduo. As combinações possíveis são AA BB, AB, OO, AO e BO.



Glóbulos vermelhos sem alteração.



Aglutinação dos glóbulos vermelhos.

Fenótipo	Genótipo possível	Aglutinogénios (hemácias)	Aglutininas (plasma)
Tipo A	AA – Homozigóticos AO – Heterozigóticos	 A Aglutinogénio A	 Aglutininas anti-B
Tipo B	BB – Homozigóticos BO – Heterozigóticos	 B Aglutinogénio B	 Aglutininas anti-A
Tipo AB	AB – Heterozigóticos	 A B Aglutinogénio A e B	Sem aglutininas
Tipo O	OO – Homozigóticos	Ausência de A e B  Sem aglutinogénio	 Aglutininas anti-A e anti-B

Entre os genes A e B há co-dominância, mas qualquer um deles é dominante em relação ao gene O, ou seja, a seis genótipos possíveis correspondem quatro fenótipos.

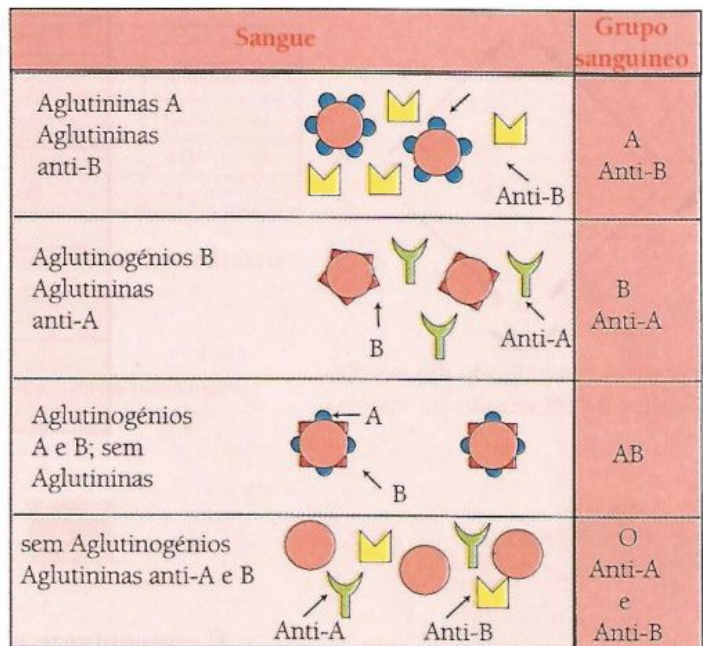
Numa transfusão, se uma pessoa recebe um tipo de sangue incompatível com o seu, as hemácias transferidas vão-se aglutinando assim que penetram na circulação, formando aglomerados compactos que podem obstruir os capilares, prejudicando a circulação do sangue. Antigamente ocorriam muitos acidentes mortais durante as transfusões de sangue devido à aglutinação de glóbulos vermelhos no sangue do receptor. A aglutinação deve-se ao facto de a presença de **aglutinogénios** A e B nos glóbulos vermelhos não ser a única características dos grupos A, B, AB e O e o plasma desses indivíduos apresenta anticorpos chamados **aglutininas** e que são os responsáveis pelos acidentes nas transfusões.

A formação dos anticorpos começa logo após o nascimento, através da contaminação natural por bactérias da flora intestinal, que produzem substâncias estruturalmente semelhantes aos aglutinogénios A e B. Quando as bactérias intestinais libertam estas substâncias o organismo responde com a produção de anticorpos específicos denominados aglutininas e que têm capacidade antigénica.

Quando o sangue é do grupo A, o plasma apresenta anticorpos ou aglutininas anti-B e representa-se A anti-B, enquanto se o sangue for do grupo B, o plasma apresentará aglutininas anti-A e apresentar-se-á B anti-A.

Quando o sangue é do grupo AB, o plasma não apresenta aglutininas e representa-se AB enquanto que se o sangue for do grupo O, o plasma apresentará aglutininas Anti-A e anti-B.

Genótipos possíveis	Fenótipo
AA	Grupo A
AO	
BB	Grupo B
BO	
AB	Grupo AB
OO	Grupo O



Veja na tabela abaixo a compatibilidade entre os diversos tipos de sangue:

ABO	Substâncias		Pode receber de							
	Aglutinogénio	Aglutinina	A ⁺	B ⁺	A ⁺	O ⁺	A ⁻	B ⁻	AB ⁻	O ⁻
AB ⁺	A e B	Não contém	×	×	×	×	×	×	×	×
A ⁺	A	Anti-B	×			×	×			×
B ⁺	B	Anti-A		×		×		×		×
O ⁺	Não contém	Anti-A e Anti-B				×				×
AB ⁻	A e B	Não contém					×	×	×	×
A ⁻	A	Anti-B					×			×
B ⁻	B	Anti-A						×		×
O ⁻	Não contém	Anti-A e Anti-B								×

Dá-se a **aglutinação** se durante uma transfusão o plasma do receptor possuir aglutininas com capacidade antigénica para os aglutinogénios do dador.

São possíveis as transfusões seguintes:

- Indivíduos do grupo A não podem doar sangue a indivíduos do grupo B, porque as hemácias A, ao entrarem na corrente sanguínea do receptor B, são imediatamente aglutinadas pelo anti-A nele presente.

- Indivíduos do grupo B não podem doar sangue para indivíduos do grupo A.
- Indivíduos A, B ou AB podem doar sangue para indivíduos O, uma vez que estes têm aglutininas anti-A e anti-B, que aglutinam as hemácias portadoras de aglutinogénios A e B ou de ambos.
- Indivíduos do tipo O podem doar sangue para qualquer pessoa, porque não possuem aglutinogénios A e B nas suas hemácias; são chamados doadores universais.
- Indivíduos, AB, por outro lado, podem receber qualquer tipo de sangue, porque não possuem aglutininas no plasma, por isso são receptores universais.

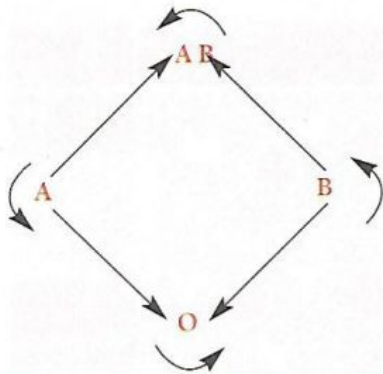


Diagrama simplificado das possibilidades de transfusão no sistema ABO.

Interacção entre amostras de sangue de diferentes grupos

Dador \ Receptor	A	B	AB	O
A				
B				
AB				
O				



Aglutinação.



Ausência de aglutinação.

É conveniente que cada pessoa conheça o seu grupo sanguíneo. A sua determinação é muito simples, podendo constituir assunto para actividade prática.

O teste para a **determinação dos grupos sanguíneos do sistema ABO** é feito misturando, sobre lâminas de vidro, uma gota de sangue que desconhecemos com uma gota de soros (anti-A, anti-B e anti-AB), cujas aglutininas são do nosso conhecimento.

O grau de aglutinação obtido permite determinar o grupo sanguíneo a que a pessoa pertence.

Determinação dos grupos sanguíneos do sistema ABO

		Grupo sanguíneo			
		A	B	AB	O
Soro	Anti-A				
	Anti-B				

Hereditariedade dos grupos sanguíneos no sistema ABO

A produção de aglutinogénios A e B é determinada, respectivamente, pelos genes I^A e I^B . Um terceiro gene, chamado i , condiciona a não produção de aglutinogénios. Trata-se, portanto, de um caso de alelos múltiplos. Entre os genes I^A e I^B há co-dominância ($I^A = I^B$), mas cada um deles domina o gene i ($I^A > i$ e $I^B > i$).

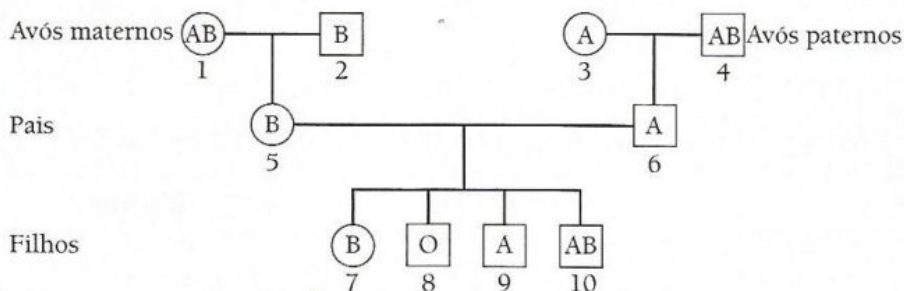
A partir desses conhecimentos fica claro que se uma pessoa do tipo sanguíneo A recebe sangue tipo B as hemácias contidas no sangue doado seriam aglutinadas pelas aglutininas anti-B do receptor e vice-versa.

Para simplificar, é usual representar os elementos I^A , I^B e i , por A, B e O.

Genótipos	Fenótipos
A	$I^A I^A$ ou $I^A i$
B	$I^B I^B$ ou $I^B i$
AB	$I^A I^B$
O	ii

Genótipos	Agglutinogénios nas hemácias	Agglutininas no plasma	Fenótipos
AA ou AO	A	Anti-B	A
BB ou BO	B	Anti-A	B
AB	A e B	Nenhuma	AB
OO	Nenhuma	Anti-A e Anti-B	O

A partir da árvore genealógica duma família, iremos ver a hereditariedade do sangue no sistema ABO.



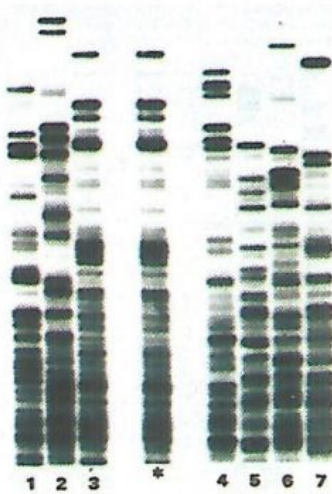
A determinação dos grupos sanguíneos é por vezes utilizada em casos de paternidade duvidosa. Através do conhecimento do grupo sanguíneo da mãe e dos filhos é possível saber se um indivíduo pode ou não ser o pai da criança.

Exemplo:

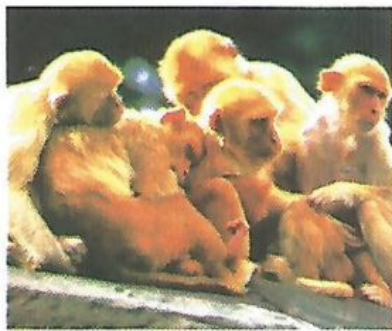
Situação I			Situação II		
	Grupo sanguíneo	Genótipo		Grupo sanguíneo	Genótipo
Mãe	A	AO	Mãe	B	BB ou AB
Filho	O	OO	Filho	AB	AB
Pai	?		Pai	?	

Explicação:

Situação I		Situação II	
Filho O (OO)		Filho AB	
Mãe A (AO)	Pai	Mãe B (BB ou BÓ)	Pai
	Pode ser A, B, O		Pode ser A, AB
	Não pode ser AB		Não pode ser B, O



Fotografia de «impressões digitais genéticas». A barra marcada com (*) corresponde à única porção de DNA obtido a partir de células sanguíneas. Por comparação com «impressões digitais genéticas» de vários suspeitos foi possível identificar o criminoso (suspeito n.º 3).



Macacus Rhesus.

Como pode verificar através destes exemplos, há situações em que, pela análise do sangue, é possível excluir, com segurança, a paternidade de um indivíduo. Porém, nunca é possível afirmar a paternidade, restando, quando muito, uma situação de incerteza.

Existe, actualmente, um processo que permite a identificação da paternidade com um elevado grau de segurança. Esse método, conhecido por *DNA fingerprint*, consiste em analisar as sequências de nucleótidos de DNA extraído de células sanguíneas obtidas por uma simples picadela no dedo, ou de outras células do organismo, como, por exemplo, do cabelo ou da pele.

Utilizando uma técnica relativamente complexa, é possível obter fragmentos da molécula de DNA com sequências únicas e específicas de cada indivíduo, constituindo verdadeiras «impressões digitais genéticas». Sendo assim, além da determinação da paternidade, esta técnica revela-se de grande utilidade na identificação de criminosos.

Sistema Rh

Além dos aglutinogénios A, B, O, os glóbulos vermelhos podem possuir outros, tais como o aglutinogénio Rh, que, em certos casos, não só pode fazer perigar uma transfusão sanguínea entre indivíduos com sangues compatíveis para o grupo A, B, O, mas também pode fazer perigar a vida de um futuro filho.

Um outro sistema de grupos sanguíneos, o sistema **Rhesus** foi descoberto a partir dos estudos desenvolvidos por Landsteiner e Wiener, em 1940, com sangue de macaco do género *Rhesus*. Esses pesquisadores verificaram que ao injectar-se o sangue desse macaco em cobaias, havia produção de anticorpos para combater as hemácias introduzidas. Ao centrifugar-se o sangue das cobaias obteve-se o soro que continha anticorpos anti-Rh e que poderia aglutinar as hemácias do macaco *Rhesus*. As conclusões daí obtidas levariam à descoberta de um aglutinogénio de membrana que foi denominado Rh (*Rhesus*), que existia nesta espécie e não noutras como as de cobaia e, portanto, estimulavam a produção de anticorpos, denominados anti-Rh.

Analisando o sangue de muitos indivíduos da espécie humana, Landsteiner verificou que, ao misturar gotas de sangue dos indivíduos com o soro contendo anti-Rh:

- 85%, aproximadamente, dos seres humanos possuem nas hemácias o mesmo aglutinogénio que possuem as hemácias do *Macacus Rhesus*, chamado, por isso, aglutinogénio Rhesus ou Rh. O seu sangue é Rh positivo (Rh⁺).
- 15%, aproximadamente, dos seres humanos não possuem o aglutinogénio Rhesus. O seu sangue é Rh negativo (Rh⁻).

Possuir sangue Rh positivo ou negativo é independente do sexo e do grupo sanguíneo A, B, O. Varia, no entanto com as «raças».

Modo de transmissão do grupo Rh

No sistema Rh, assim como no ABO, podem ocorrer reacções de incompatibilidade sanguínea muito graves que poderão levar à morte do indivíduo. Podemos nomear as transfusões sanguíneas e a doença hemolítica do recém-nascido.

O aglutinogénio Rh é o mais importante nos casos de incompatibilidade sanguínea e, no sentido de simplificar o estudo da herança do sistema Rh, vamos considerar que este sistema é condicionado basicamente por um par de alelos, Rh positivo e Rh negativo. Verifica-se que o gene Rh⁺ é dominante sobre o seu alelo Rh⁻, recessivo. Sendo assim, a três genótipos possíveis correspondem apenas dois fenótipos:

Sistema Rh

Fenótipos	Genótipos	Aglutinogénios nas hemácias
Rh positivo Rh ⁺	Rh ⁺ Rh ⁺ ou Rh ⁺ Rh ⁻	Aglutinogénio Rh
Rh negativo Rh ⁻	Rh ⁻ Rh ⁻	Ausência de aglutinogénios

No plasma não ocorre naturalmente o anticorpo anti-Rh. O anticorpo, no entanto, pode ser formado se uma pessoa do grupo Rh⁻, recebe sangue de uma pessoa do grupo Rh⁺. Os problemas nas transfusões de sangue não são tão graves, a não ser que as transfusões ocorram repetidas vezes.

Possibilidade de transfusões sanguíneas considerando o sistema Rh

	Indivíduo fenótipo	
	Rh ⁺	Rh ⁻
Pode receber sangue de	Rh ⁺ e Rh ⁻	Rh ⁻
Pode dar sangue a	Rh ⁺	Rh ⁺ e Rh ⁻

Conhecendo o genótipo dos pais, é fácil calcular as probabilidades de genótipos e fenótipos para os filhos.

Curiosidade

Doença hemolítica do recém-nascido: esta doença caracteriza-se pela destruição das hemácias da criança, podendo ocasionar a morte do feto ou recém-nascido. Deve-se a vários factores destacando-se a produção de aglutinas no sangue materno, após qualquer contacto anterior com sangue Rh⁺. Durante o parto pode haver a passagem de algumas hemácias do sangue do filho para a circulação materna quando se dá a rotura da placenta.

Se a mãe for do grupo Rh⁻ e o filho Rh⁺, os aglutinogénios Rh presentes nas hemácias do filho vão sensibilizar o organismo da mãe a produzir aglutinas anti-Rh. Numa eventual segunda gravidez, em que a criança seja Rh⁺, as aglutinas 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 a quantidade de aglutinas anti-Rh produzidas pelo organismo.

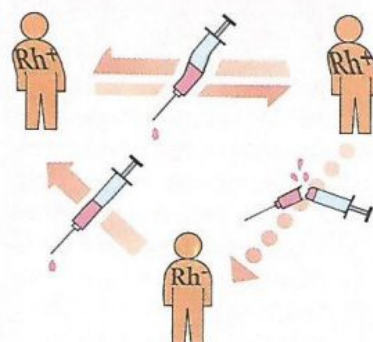
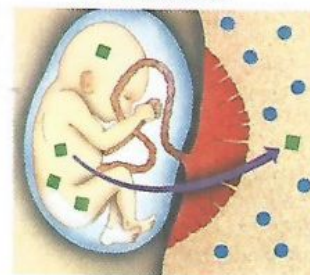


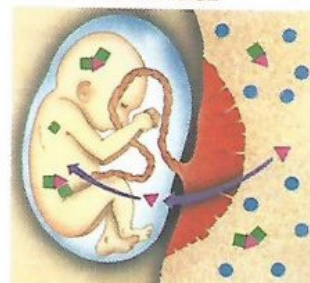
Diagrama simplificado das possibilidades de transfusão sanguínea no sistema Rh.

A seringa partida significa que não se deve fazer este tipo de transfusão, pois o organismo fica sensibilizado a produzir aglutinas anti-Rh.

1.ª Gravidez



2.ª Gravidez



- Sangue materno Rh⁻
- Hemácia fetal Rh⁺
- ▲ Aglutinina anti-Rh

Influência do factor Rh nas relações entre o sangue materno e fetal durante a gravidez.

Curiosidade

Determinação do sexo em plantas

A maior parte das plantas produz flores hermafroditas, que contêm tanto estruturas reprodutoras masculinas como femininas. As plantas desse tipo são **monóicas** (do grego *mono*, um, e *oikos*, casa), que significa «uma casa para dois sexos». Outras espécies têm sexos separados, com plantas que produzem flores masculinas e plantas que produzem flores femininas. Essas espécies denominam-se **dióicas** (do grego *di*, duas, e *oikos*, casa), que significa «duas casas, uma para cada sexo».

Nas plantas dióicas os sexos são determinados de forma semelhante à dos animais. O cânhamo, por exemplo, tem sistema XY de determinação do sexo e no caso do morango, a planta que produz flores masculinas possui um par de cromossomas sexuais homólogos e a planta que produz flores femininas possui um cromossoma sexual típico do sexo feminino e um cromossoma sexual igual ao dos machos.



Morangueiro.



Cânhamo.

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

Desde que se conhece a hereditariedade dos grupos sanguíneos do sistema Rh, que os médicos alertam para este tipo de incompatibilidade sanguínea para se poder actuar de forma preventiva.

Hereditariedade ligada ao sexo

Herança de genes localizados no cromossoma X

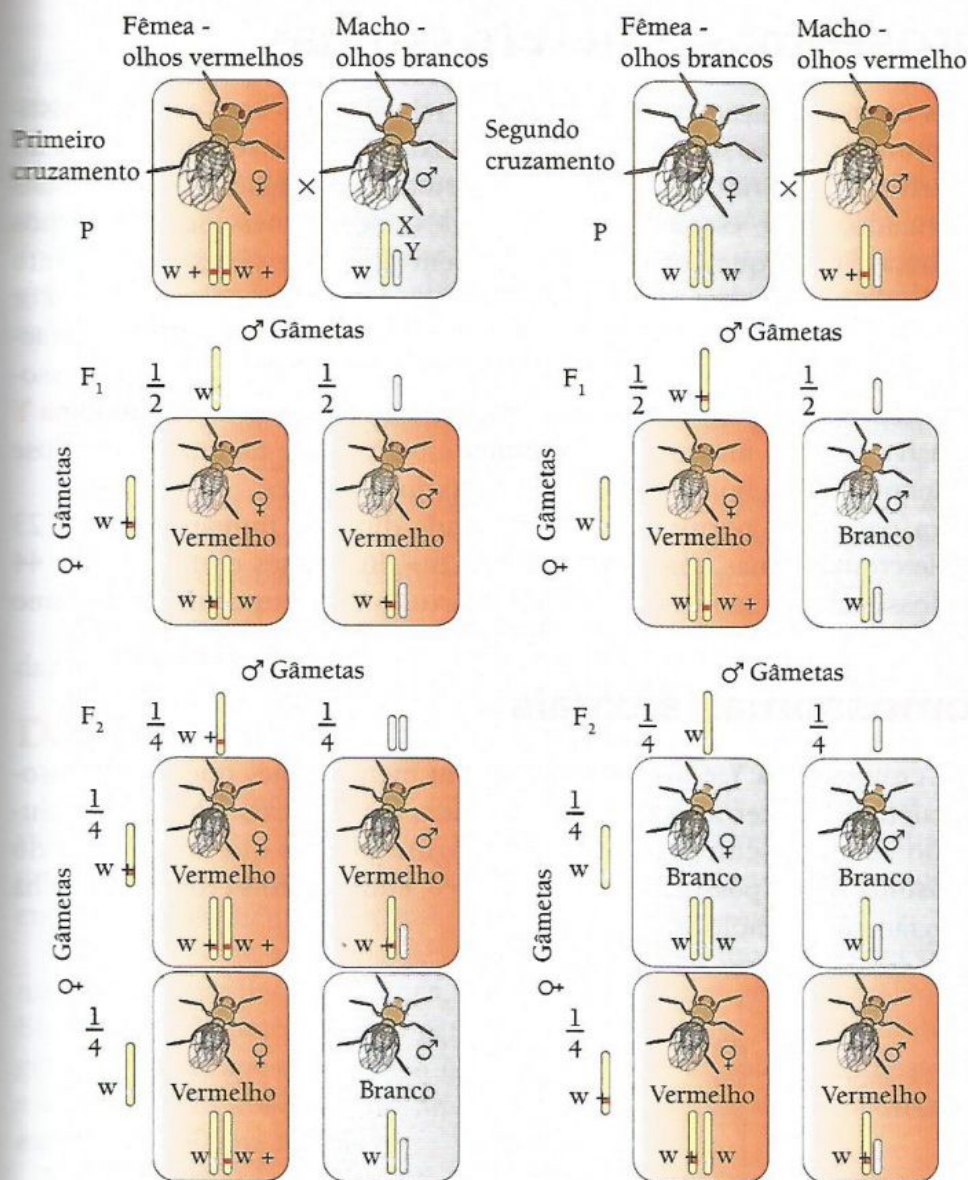
Herança ligada ao sexo na drosófila

O biólogo Thomas Morgan (1866-1945) e os seus alunos deram um contributo considerável à Genética, devido ao seu trabalho feito com moscas do género *Drosophila* (moscas da fruta).

Nos laboratórios da Universidade de Colúmbia, em Nova Iorque, Thomas Morgan, por volta de 1910, criou milhares de drosófilas alimentando-as com banana amassada, e executou variadíssimas experiências que permitiram relacionar fenómenos genéticos com a actividade dos cromossomas, o que veio apoiar a teoria cromossomática da hereditariedade.

Em 1910, Morgan estudou um macho de drosófila portador de olho branco, originado de uma mutação do olho selvagem, que tem cor castanho-avermelhada. O cruzamento desse macho de olho branco com fêmeas de olho selvagem originou, na geração F_1 , apenas descendentes de olho selvagem. O cruzamento de machos e fêmeas da geração F_1 resultou numa geração F_2 constituída por fêmeas de olho selvagem, machos de olho selvagem e machos de olho branco. A proporção de moscas de olho selvagem e moscas de olho branco foi de aproximadamente 3:1, o que permitiu concluir que a característica olho branco era hereditária e recessiva.

Morgan voltou a sua atenção para o facto de não ter nascido nenhuma fêmea de olho branco na geração F_2 . Isso indicava que a característica em questão tinha alguma relação com o sexo dos indivíduos. Na sequência das experiências, Morgan cruzou machos de olho branco com as suas próprias filhas, que eram heterozigotas em relação à cor do olho. Desse cruzamento surgiram fêmeas e machos de olho selvagem, e fêmeas e machos de olho branco, na proporção 1:1:1:1. Esse resultado mostrou que o carácter olho branco podia aparecer também nas fêmeas. Como explicar, então a ausência de fêmeas de olho branco na geração F_2 do primeiro cruzamento?



Curiosidade

Organismos que não tem sistema de determinação do sexo

Os organismos monóicos (hermafroditas) não apresentam qualquer sistema de determinação cromossômica ou genética de sexo. Todos os indivíduos da espécie têm, basicamente, o mesmo cariótipo. Esse é o caso da maioria das plantas e de animais como minhocas e caracóis.

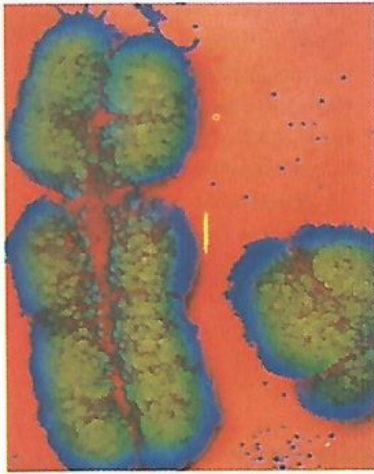


Caracol.

Em 1911, Morgan concluiu que os resultados dos cruzamentos envolvendo o locus da cor do olho, em drosófila, podiam ser explicados admitindo-se que ele estivesse localizado ao cromossoma X. O macho de olho branco original teria fornecido o seu cromossoma X, portador do alelo recessivo mutante w (X^w), a todas as filhas que receberam o seu outro cromossoma X das mães, portadoras do alelo selvagem W (X^W). As fêmeas da geração F_1 seriam, portanto, heterozigóticas $X^W X^w$. Já os machos de F_1 receberam o cromossoma X das fêmeas selvagens puras (X^W). A sua constituição gênica seria, portanto, $X^W Y$.

A hipótese de Morgan foi confirmada pela análise de outros genes de drosófila, cuja herança seguia o mesmo padrão. Além disso, permitiu também explicar a herança de genes relacionados com o sexo noutras espécies. Os genes localizados no cromossoma X, que não têm alelo correspondente no cromossoma Y, seguem o que se denomina **herança ligada ao sexo** ou **herança ligada ao X**.

Autossomas e heterossomas



Microscopia electrónica do cromossoma X e Y. Compare a diferença de tamanho de cada cromossoma.

Os cromossomas autossómicos são os relacionados com as características comuns aos dois sexos, enquanto os sexuais são os responsáveis pelas características próprias de cada sexo. A formação de órgãos somáticos, tais como fígado, baço, estômago e outros, deve-se a genes localizados nos autossomas, visto que esses órgãos existem nos dois sexos. O conjunto haplóide de autossomas de uma célula é representado pela letra A. Por outro lado, a formação dos órgãos reprodutores, testículos e ovários, característicos de cada sexo, é condicionada por genes localizados nos cromossomas sexuais e são representados, de modo geral, por X e Y. O **cromossoma Y** é exclusivo do sexo masculino. O **cromossoma X** existe na mulher em dose dupla, enquanto no homem se encontra em dose simples.

Em condições normais, qualquer célula diplóide humana contém 23 pares de cromossomas homólogos, isto é, $2n = 46$. Desses cromossomas, 44 são autossomas e 2 são os cromossomas sexuais também conhecidos como heterossomas.

Cromossomas sexuais

O cromossoma Y é mais curto e possui menos genes que o cromossoma X, além de conter uma porção encurtada, em que existem genes exclusivos do sexo masculino. Observe na figura abaixo que uma parte do cromossoma X não possui alelos em Y, isto é, entre os dois cromossomas há uma região não-homóloga.



Nalgumas espécies animais, incluindo a humana, a constituição genética dos indivíduos é representada:

- No sexo masculino por **2AXY** e a dos gametas por eles produzidos, **AX** e **AY**.
- No sexo feminino por **2AXX**, e produzem-se apenas gametas **AX**.

No homem a constituição genética é representada por **44XY** e a dos gametas por ele produzidos **22X** e **22Y**; na mulher **44XX** e os gametas **22X**. Os indivíduos que formam só um tipo de gameta, quanto aos cromossomas sexuais, são denominados **homogaméticos**. Os que produzem dois tipos são chamados **heterogaméticos**. Na espécie humana, o sexo feminino é homogamético, enquanto o sexo masculino é heterogamético.

Habitualmente, classificam-se os casos de herança relacionada com o sexo de acordo com a posição ocupada pelos genes, nos cromossomas sexuais.

A **herança ligada ao sexo** é determinada por genes localizados na região heteróloga do cromossoma X. Como as mulheres possuem dois cromossomas X, elas têm duas dessas regiões. Já os homens, como possuem apenas um cromossoma X (pois são XY), têm apenas um de cada gene. Um gene recessivo presente no cromossoma X de um homem irá manifestar-se, uma vez que não há um alelo dominante que impeça a sua expressão.

Os genes ligados ao cromossoma sexual X:

- Se são **dominantes**, manifestam-se igualmente no sexo masculino e no sexo feminino.
- Se são **recessivos**, manifestam-se sempre no sexo masculino, e no sexo feminino só quando o indivíduo herda o mesmo gene da mãe e do pai é que têm possibilidade de se manifestar.

São exemplos destes genes na espécie humana os responsáveis pela daltonismo, hemofilia, atrofia óptica, albinismo ocular, etc.

Daltonismo

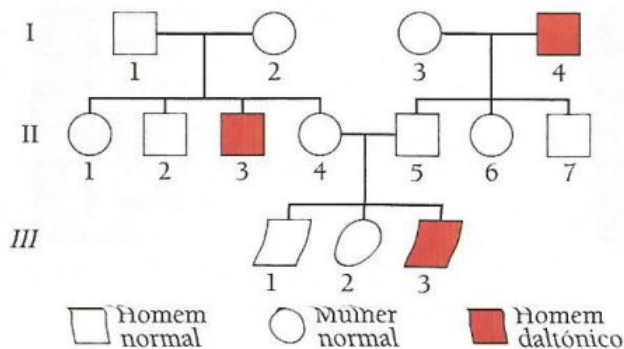
Trata-se da incapacidade relativa na distinção de certas cores que, na sua forma clássica, geralmente cria confusão entre o verde e o vermelho. É um distúrbio causado por um gene recessivo do cromossoma X, o gene X^d , enquanto o seu alelo dominante X^D determina a visão normal.

A mulher de genótipo $X^D X^d$, embora possua um gene para o daltonismo, não manifesta a doença, pois trata-se de um gene recessivo. Ela é chamada portadora do gene para o daltonismo. O homem de genótipo $X^d Y$, apesar de ter o gene X^d em dose simples, manifesta a doença pela ausência do alelo dominante capaz de impedir a expressão do gene recessivo.

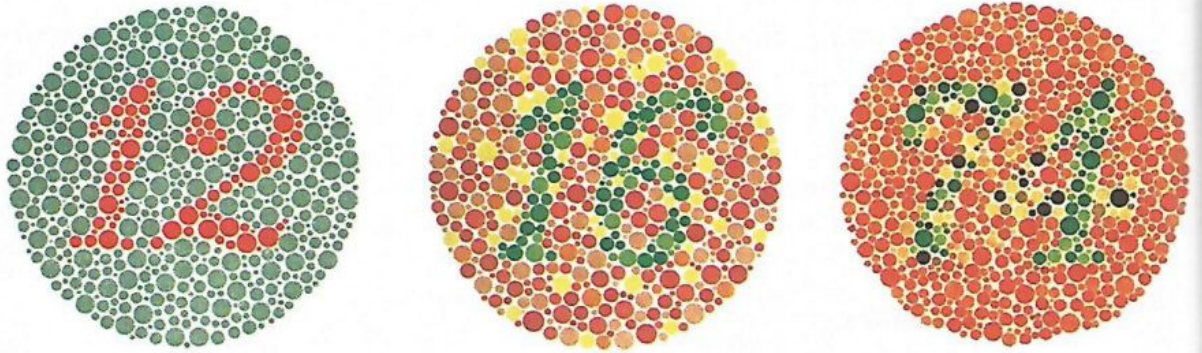
O homem $X^d Y$ não é nem homocigótico nem heterocigótico: é **hemizigótico recessivo**, pois do par de genes ele só possui um. O homem de genótipo $X^D Y$ é **hemizigótico dominante**.

Genótipos	Fenótipo
$X^D X^D$	mulher normal
$X^D X^d$	mulher portadora
$X^d X^d$	mulher daltónica
$X^D Y$	homem normal
$X^d Y$	homem daltónico

Árvore genealógica de uma família com daltonismo

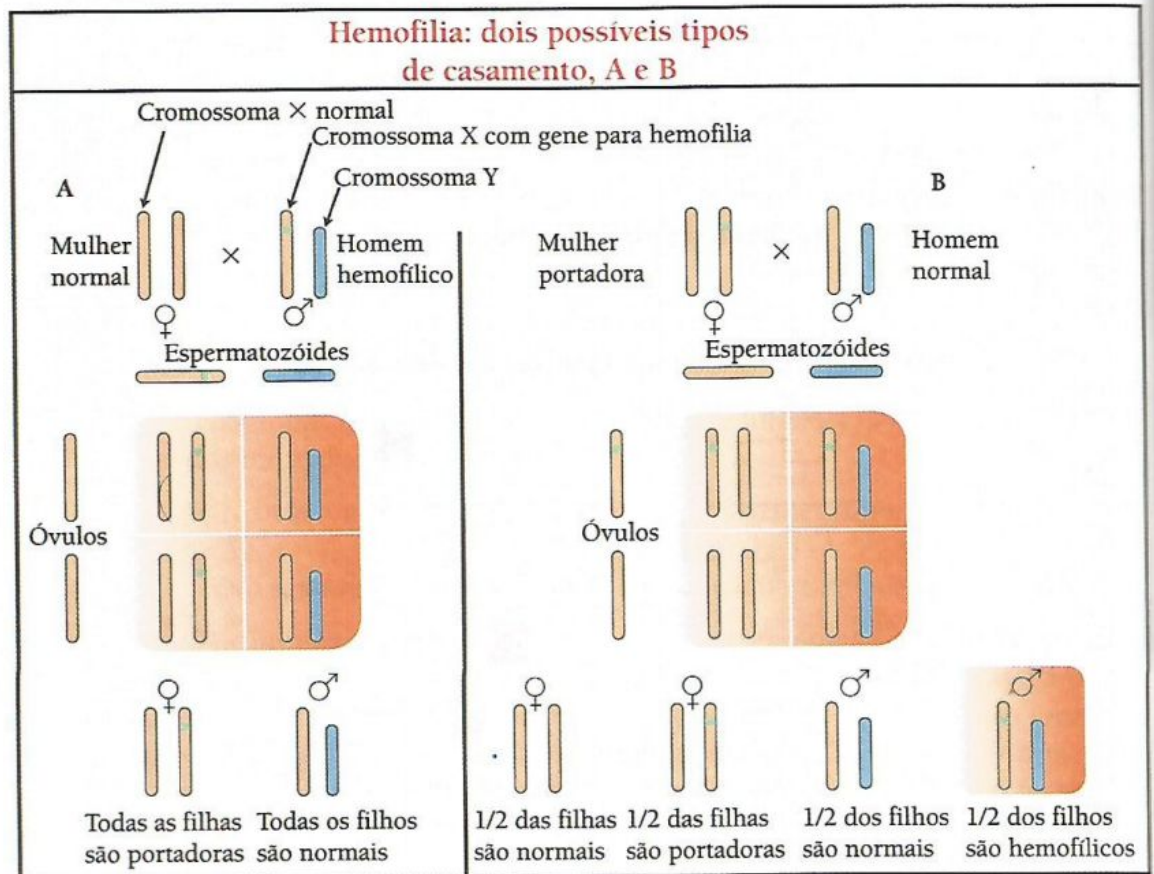


Teste para saber se é ou não daltónico. Se distingue perfeitamente os números entre as bolinhas da figura acima, então não é daltónico.



Hemofilia

É um distúrbio da coagulação sanguínea, em que falta o factor VIII, uma das proteínas envolvidas no processo, encontrado no plasma das pessoas normais. As pessoas hemofílicas têm uma tendência a apresentarem hemorragias graves depois de traumatismos banais, como um pequeno ferimento ou uma extracção dentária. O tratamento da hemofilia consiste na administração do factor VIII purificado ou de derivados de sangue em que ele pode ser encontrado (transfusões de sangue ou de plasma). Pelo uso frequente de sangue e de derivados, os pacientes hemofílicos apresentam uma elevada incidência de SIDA e de hepatite tipo B, doenças transmitidas através dessas vias.

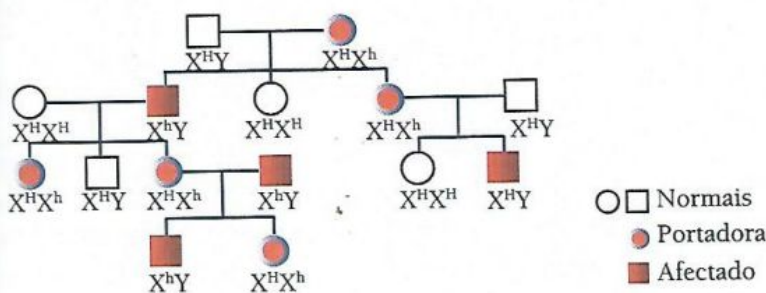


A hemofilia atinge cerca de 300 000 pessoas. É condicionada por um gene recessivo, representado por **h**, localizado no cromossoma X. É pouco frequente o nascimento de mulheres hemofílicas, já que a mulher, para apresentar a doença, deve ser descendente de um homem doente (X^hY) e de uma mulher portadora (X^HX^h) ou hemofílica (X^hX^h). Como esse tipo de cruzamento é extremamente raro, acredita-se que praticamente inexisteriam mulheres hemofílicas. No entanto, já foram relatados casos de hemofílicas, contrariando assim a noção popular de que essas mulheres morreriam por hemorragia após a primeira menstruação (a interrupção do fluxo menstrual deve-se à contracção dos vasos sanguíneos do endométrio, e não à coagulação do sangue).

Genótipos	Fenótipo
X^HX^H	mulher normal
X^HX^h	mulher portadora
X^hX^h	mulher hemofílica
X^HY	homem normal
X^hY	homem hemofílico

Exemplo da árvore genealógica de transmissão de hemofilia numa família:

Transmissão da hemofilia



Os genes situados na porção do cromossoma Y que não possuem nenhuma porção homóloga no cromossoma X manifestam-se exclusivamente no homem e dizem-se genes ligados ao cromossoma Y, ou **genes holândricos**, que caracterizam a chamada **herança restrita ao sexo**.

O homem que os possui transmite-os a todos os seus filhos do sexo masculino.

Como exemplo, pode referir-se a **hipertricose auricular** que se caracteriza pela existência de muitos pêlos longos na orelha.

Na herança restrita ao sexo: **todo o homem afectado é filho de um homem também afectado; todos os seus filhos serão afectados, e as filhas serão normais.**

Herança autossômica influenciada pelo sexo

Nessa categoria, incluem-se as características determinadas por genes localizados nos cromossomas autossomas cuja expressão é, de alguma forma, influenciada pelo sexo do portador. Nesse grupo, há diversas modalidades de herança, das quais ressaltaremos a mais conhecida, a **dominância influenciada pelo sexo**, herança em que, dentro do par de genes autossômicos, um deles é dominante nos homens e recessivo nas mulheres, e o inverso ocorre com o seu alelo. Na espécie humana, temos o caso da calvície.

Basicamente, há duas evidências que permitem suspeitar de um caso de herança relacionada com o sexo:

Genótipos	No homem	Na mulher
CC	calvo	calva
Cc	calvo	não-calva
cc	não-calvo	não-calva

- Quando o cruzamento de um macho afectado com uma fêmea não afectada gera uma descendência diferente do cruzamento entre um macho não afectado com uma fêmea afectada.
- Quando a proporção fenotípica entre os descendentes do sexo masculino forem nitidamente diferentes da proporção nos descendentes do sexo feminino.

Mutações

Mutação é uma alteração no material genético.

Tipos de mutações

Quando as mutações afectam apenas um gene dá-se o nome de mutações génicas e quando alteram o número ou a estrutura dos cromossomas chamam-se mutações cromossómicas.

Mutações génicas

O processo mediante o qual os genes duplicam é, em geral, rigorosamente preciso. Porém, por determinadas razões, um gene pode sofrer uma alteração química, de tal modo que o novo gene não é exactamente igual ao anterior, ou acontecer um erro na disposição de uma base, ocupando um lugar «errado».

As mutações génicas são alterações que afectam apenas a estrutura do gene.

De acordo com os conhecimentos actuais, um gene é uma sequência específica de pares de nucleótidos que codifica um determinado polipéptido. Sendo assim, basta haver uma pequena alteração na sequência dos pares de bases azotadas, que constituem a molécula de DNA, para que se sintetize um polipéptido diferente do que estava originalmente codificado pelo gene ao nível do qual ocorreu a mutação.

Os genes assim alterados são, portanto, genes novos, alelos dos primeiros, que ocupam o mesmo *locus* no cromossoma.

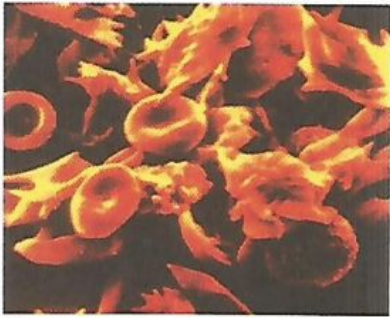
Estas alterações da estrutura do gene ocorrem, essencialmente, quando o DNA se duplica durante a fase S, que antecede a meiose ou a mitose. O DNA pode ter «erros» ao recopiar-se, introduzindo alterações na sequência dos de bases.

Um exemplo deste tipo de alteração que afecta o Homem e envolve um só nucleótido é o da formação de uma hemoglobina (hemoglobina S) diferente da hemoglobina normal (hemoglobina A), de que resulta uma doença genética designada **anemia falciforme** ou drepanocitose:

A anemia falciforme resulta de uma mutação génica pontual, pois deve-se à substituição de uma base azotada (limina) por outra (adenina) na cadeia de DNA transcrita, o que modifica o significado de um codão no m RNA.

Na sexta posição de uma das cadeias polipeptídicas da hemoglobina existe, normalmente, o ácido glutâmico, que pode ser codificado pelo codão GAG. A simples substituição da base azotada timina pela adenina, na cadeia de DNA a ser transcrita, origina um novo codão no m RNA (GUG), que vai determinar a incorporação do aminoácido valina no local onde deveria estar o ácido glutâmico, dando origem à hemoglobina S ou, mais precisamente, HbS.

Esta variante de hemoglobina humana tem um menor poder de fixação do oxigénio; os glóbulos vermelhos, depois de cederem o oxigénio aos tecidos, ficam distorcidos, com uma forma alongada, assemelhando-se a uma foice. Dada sua pouca plasticidade, estas células podem sofrer hemólise, o que agrava o estado anémico dos indivíduos com esta doença; por outro



Hemácias de um indivíduo com anemia falciforme.

lado, a forma de foice dos glóbulos vermelhos dificulta a sua circulação nos capilares sanguíneos, o que pode provocar obstrução, impedindo a irrigação normal dos tecidos.

Como esta doença genética resulta de uma mutação génica que gerou um alelo recessivo (gene HbS), torna-se particularmente grave no estado homocigótico, podendo provocar a morte durante a infância.

Como são produzidos os dois tipos de hemoglobina, em vez de uma única forma intermediária, estamos perante um caso de **co-dominância**.

A mutação génica responsável pela **anemia falciforme** atinge essencialmente as populações negras da África Central, onde ceifa milhares de vidas anualmente.

Além da anemia falciforme, conhecem-se outras anemias hereditárias, as **talassemias**, caracterizadas pela síntese de uma hemoglobina anormal. As talassemias são mais frequentes nas zonas do Mediterrâneo e no sul da Ásia, sendo devidas a um elevado número de mutações génicas diferentes, que afectam os genes localizados no cromossoma 11.

A **fenilcetonúria** e a **galactossemia** são outros exemplos de doenças genéticas humanas autossómicas recessivas resultantes de alterações da estrutura dos genes. Nestas doenças, a mutação génica determina a ausência total de enzimas que catalisam determinadas reacções.

A galactossemia e a fenilcetonúria são doenças determinadas pela ausência das enzimas específicas que degradam, respectivamente, a galactose (açúcar simples que resulta da digestão do leite) e a fenilalanina (aminoácido presente nas proteínas do leite e legumes). A concentração excessiva destas substâncias causa graves perturbações no organismo; uma particular acumulação de fenilalanina nas células do cérebro pode ser responsável por atrasos mentais.

Apesar de se verificar que o aparecimento da fenilcetonúria e lactossemia se deve à ausência de enzimas específicas codificadas por determinados genes, ou seja, factores exclusivamente hereditários, sabe-se que uma dieta pobre, respectivamente, em fenilalanina e galactose pode ter um papel significativo no controlo destas doenças. Embora a componente hereditária seja determinante no aparecimento da fenilcetonúria e da galactossemia, factores de natureza alimentar também podem reduzir os efeitos destas doenças no organismo humano.

Mutações cromossómicas

Todos os indivíduos pertencentes à mesma espécie caracterizam-se por possuírem, no núcleo das suas células somáticas, um conjunto de cromossomas em igual número e de estrutura semelhante, que define o **cariótipo** dessa espécie.

No entanto, por acção de diversos factores, o cariótipo das diferentes espécies que habitam o nosso planeta pode sofrer alterações. Essas alterações podem afectar o cariótipo de uma forma qualitativa ou quantitativa, isto é, provocarem mudanças na estrutura de um ou mais cromossomas – **alterações cromossómicas estruturais** – ou no número de cromossomas do cariótipo – **alterações cromossómicas numéricas**.

Os efeitos genéticos destas mutações são detectados por meio de fenótipos inesperados, grandes malformações físicas, produção alterada de enzimas, fertilidade reduzida (ou infertilidade completa) e um aumento dos abortos espontâneos.

Curiosidade

Apesar da controvérsia que se tem gerado relativamente à influência dos factores hereditários e ambientais na expressão de determinados caracteres não há dúvida de que o fenótipo de um indivíduo, isto é, a sua aparência, resulta globalmente da interacção entre os genes e o ambiente.

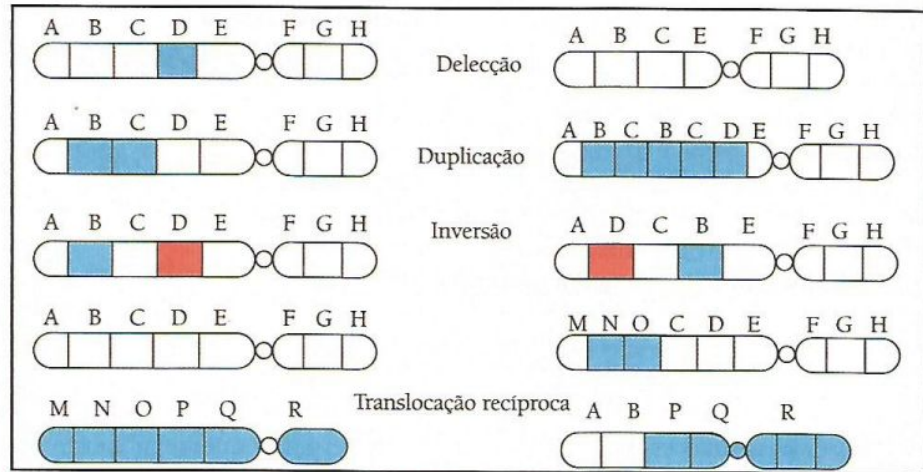


Influência do ambiente na expressão do genótipo. No coelho do Himalaia, o gene que determina a produção de melanina só se expressa nas zonas do corpo com temperatura mais baixa (nariz, orelhas e patas).

Alterações cromossómicas estruturais

As alterações cromossómicas estruturais devem-se essencialmente a uma quebra cromossómica, dando origem a fragmentos que se podem «perder» ou «recolar» em novas posições.

O esquema caracteriza algumas das alterações que podem ocorrer na estrutura dos cromossomas.



Casos mais frequentes de mutações estruturais nos cromossomas:

Deleção – perda de um fragmento por um determinado cromossoma

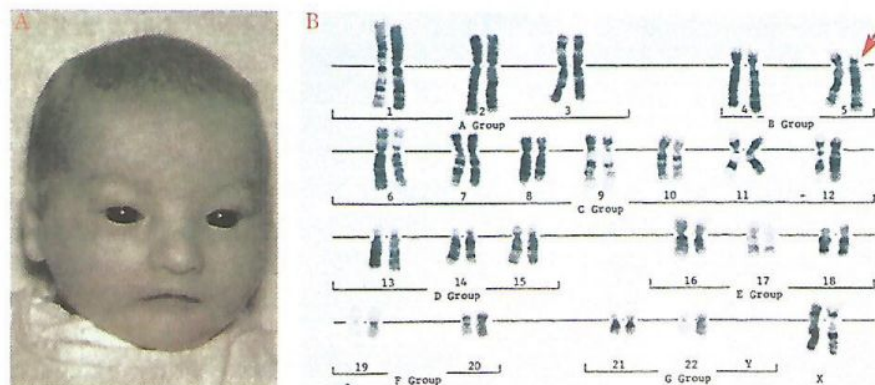
Duplicação – um fragmento de cromossoma duplica, modificando a sua dimensão.

Inversão – quebra de um cromossoma seguida de ligação mas de modo diferente.

Translocação – o segmento perdido por um cromossoma solda-se a um outro cromossoma, que pode ser o seu homólogo ou outro cromossoma qualquer. Quando a translocação ocorre simultaneamente entre dois cromossomas não homólogos, como está esquematizado na figura, diz-se translocação recíproca.

A ocorrência destas alterações na estrutura dos cromossomas provoca modificações no material genético que se podem manifestar pelo aparecimento de malformações responsáveis por grandes incapacidades.

Um dos distúrbios mais conhecidos nos seres humanos é o **síndrome do «grito do gato»**, resultante de uma deleção no braço mais curto de um dos cromossomas do par n.º 5.



A. Criança com síndrome do «grito do gato».

B. Cariótipo de uma criança com síndrome do «grito do gato».

Reparar a deleção do braço curto de um cromossoma do par n.º 5.

Alterações cromossômicas numéricas

As mutações cromossômicas numéricas são variações no número de cromossomas. Por vezes, ocorrem irregularidades na divisão nuclear, de modo que se podem formar células ou mesmo organismos inteiros com genomas aberrantes. Os tipos principais de mutações cromossômicas numéricas são:

- **Euploidias** – ocorrem sempre que há alteração de todos os cromossomas, isto é, do genoma na totalidade.
- **Aneuploidias** – ocorrem sempre que há uma diminuição ou acréscimo de um ou mais cromossomas, ou seja, não envolvem genomas inteiros.

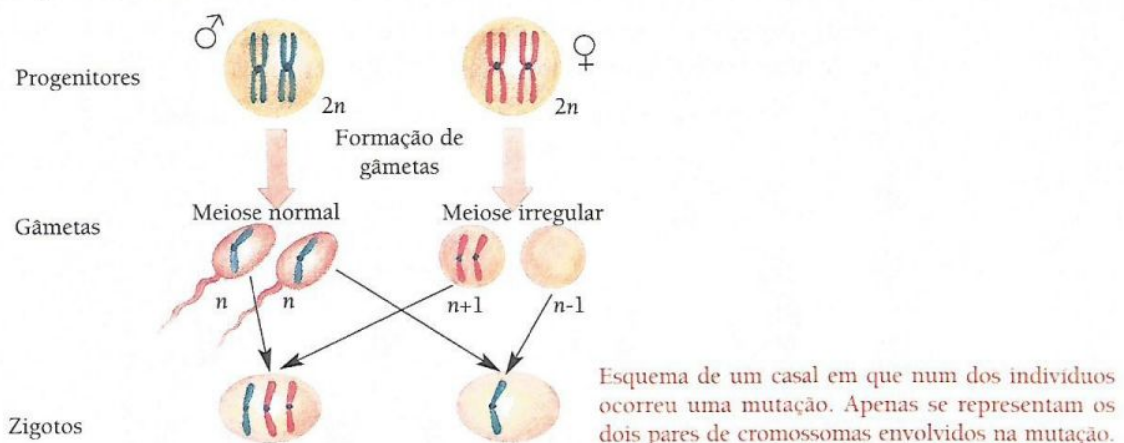
São várias as causas que podem provocar, num determinado organismo, o aparecimento de euploidias, tais como:

- Fecundação do ovo por mais de um espermatozóide.
- Falhas na mitose durante a formação dos órgãos sexuais.
- Falhas na meiose que podem conduzir à formação de gametas não haplóides.
- Quebra de cromossomas ao nível do centrómero.

A aneuploidia define-se como o aumento ou a diminuição do número de um determinado tipo de cromossoma do genoma.

Todas estas alterações numéricas nos cromossomas do cariótipo de uma dada espécie podem produzir alterações fenotípicas e devem-se a anomalias na distribuição dos cromossomas durante a divisão celular (meiose e mitose). Se houver perda ou ganho de um cromossoma formam-se, respectivamente, células de cariótipo $2n - 1$ (monossomia) e células de cariótipo $2n + 1$ (trissomia).

As aberrações cromossômicas que envolvem o cariótipo na sua totalidade ocorrem essencialmente nas plantas, pois verifica-se que na espécie humana estas alterações numéricas provocam a morte do feto. Por outro lado, constata-se que os casos de aneuploidia são bastante vulgares, pois 25 a 50 % dos abortos espontâneos são provocados por alterações numéricas num par de cromossomas.



Segue-se a descrição de algumas doenças provocadas pelas alterações que afectam o ser humano.

Efeitos das mutações cromossômicas

Síndrome de Down, mongolismo ou trissomia 21

Doença congênita caracterizada por malformações dos órgãos (coração, rins), retardamento mental de moderado a severo, língua espessa, pés e mãos de pequenas dimensões, alterações nas feições. É resultante de uma anormalidade na constituição cromossômica: os indivíduos afectados apresentam um cromossoma extra – que se acrescenta ao par de número 21 – nas suas células (por esta razão a doença é também denominada trissomia 21). O termo mongolismo é um sinónimo usual por fazer lembrar os indivíduos das raças orientais. A frequência com que este síndrome se manifesta é de 1 para cada 500 crianças nascidas vivas e é superior para concepções em mulheres com idade acima de 40 anos. Foi descrito em 1866 pelo médico inglês John Langdon Haydon Down (1828-1896). É sem dúvida o distúrbio cromossômico mais comum e a mais frequente forma de deficiência mental congénita. Geralmente pode ser diagnosticada ao nascimento ou logo depois pelas suas características particulares, que variam entre os pacientes, mas produzem um fenótipo distintivo.

A



B

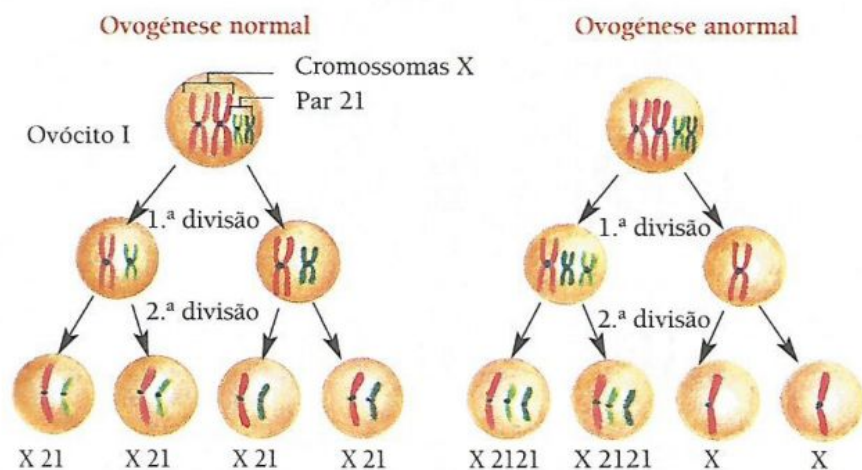


C



A – cariótipo de um indivíduo com o síndrome de Down. B – crianças afectadas com o síndrome de Down. C – mão e pé de criança com síndrome de Down.

Na maioria dos casos, o síndrome de Down parece resultar da não disjunção dos cromossomas homólogos do par 21 durante a ovogénese, ficando um óvulo com os dois cromossomas daquele par.



Origem do trissomia 21: comportamento anormal do par 21 durante a ovogénese.

Se este óvulo for fecundado, ao ocorrer o emparelhamento dos cromossomas de origem materna e paterna, o par 21 fica com três cromossomas em vez de dois. O indivíduo resultante do desenvolvimento deste zigoto tem um conjunto somático total de 47 cromossomas.

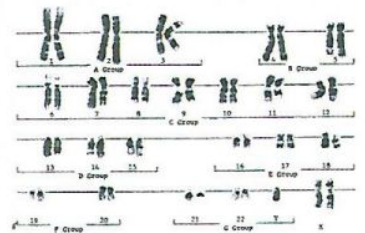
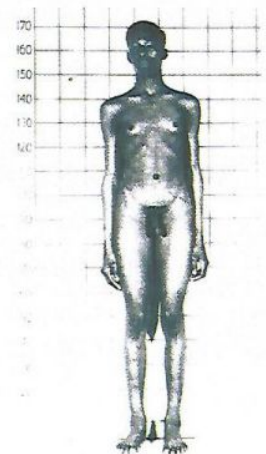
Síndrome de Klinefelter ou trissomia XXY

A não separação dos cromossomas X durante a ovogénese origina a formação dos óvulos com dois cromossomas X e óvulos sem qualquer cromossoma X. Se um destes gametas for fecundado por um espermatozóide normal, vai ocasionar o aparecimento de indivíduos com alterações no número de cromossomas sexuais. Estas aberrações cromossómicas a nível dos cromossomas sexuais vão ter reflexos importantes no desenvolvimento físico e intelectual dos indivíduos afectados, sendo alguns tão graves que se tornam letais. É o que acontece com o embrião que tem como cromossomas sexuais apenas o cromossoma Y, tornando-o inviável.

Os embriões que resultaram do desenvolvimento de um zigoto proveniente da fecundação de um óvulo com dois cromossomas X e um espermatozóide normal sofrem de **trissomia XXX** ou de **trissomia XXY** consoante o gameta masculino transporta o cromossoma X ou o Y.

Conhecem-se poucos casos de mulheres com trissomia XXX, o que leva a pensar na existência de um grande número de abortos naturais de fetos com esta composição cromossómica.

A **trissomia XXY ou síndrome de Klinefelter**, pode resultar, tanto da não separação dos cromossomas X durante a ovogénese, como da não separação dos cromossomas XY durante a espermatogénese. Os indivíduos afectados por esta mutação são do sexo masculino e apresentam uma série de caracteres anómalos que se traduzem por uma mistura de caracteres masculinos e femininos. O aspecto é masculino; o tamanho é normal e por vezes elevado; os seios são desenvolvidos; as glândulas genitais são pequenas e estéreis. O aspecto é de homens normais e com psiquismo viril. Os indivíduos com este síndrome têm grau de inteligência abaixo do normal.

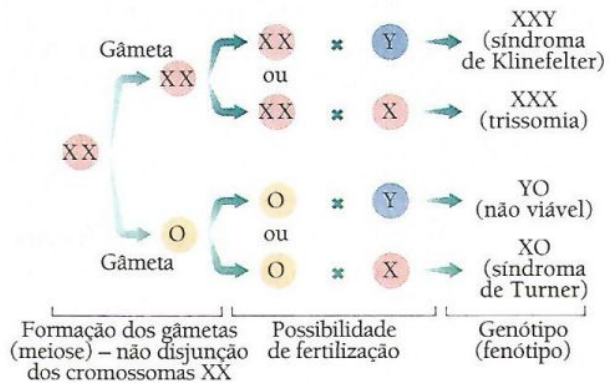


Fotografia e cariótipo de um indivíduo com síndrome de Klinefelter.

Síndrome de Turner ou monossomia XO

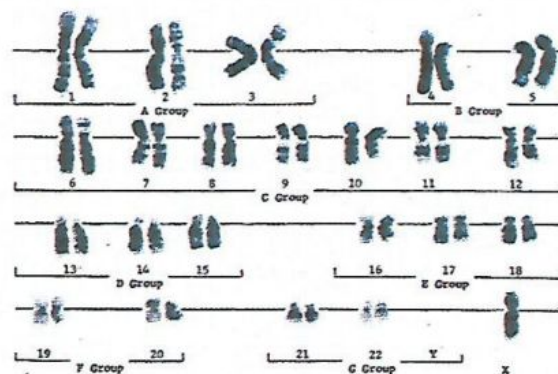
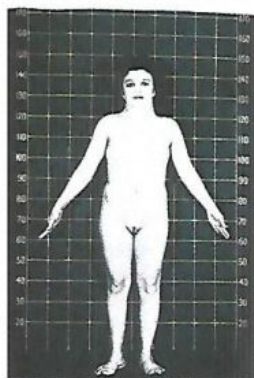
A não disjunção dos cromossomas sexuais durante a gametogénese também implica a formação de gametas sem nenhum dos cromossomas sexuais. Estes, ao serem fecundados por um gameta normal portador de um cromossoma X, dão origem a um zigoto de guarnição cromossómica XO.

Segue-se o esquema dos genótipos possíveis devido à não disjunção dos cromossomas sexuais XX:



O desenvolvimento desse zigoto origina indivíduos portadores de uma monossomia XO, designado **síndrome de Turner**.

As mulheres que padecem dele são pequenas (cerca de 1,40 m) possuem infantilismo genital que as torna estéreis, e malformações esqueléticas, cutâneas e viscerais.



Cariótipo duma mulher adulta com síndrome de Turner.

Agentes mutagénicos

Mesmo havendo dificuldade em distinguir uma mutação espontânea de uma mutação induzida por agentes mutagénicos, constata-se que há um aumento da frequência de mutação quando, por exemplo, determinadas populações de bactérias sofrem a acção de agentes mutagénicos químicos. É este tipo de estudos que permite avaliar, por um lado, a acção mutagénica de vários factores de natureza química, física e biológica e, por outro, induzir experimentalmente mutações em diversas espécies.

As mutações são produzidas por agentes mutagénicos, que compreendem principalmente vários tipos de radiação, dentre os quais os raios ultravioleta, os raios X e substâncias que interferem na autoduplicação do DNA ou na transcrição do mRNA, determinando erros nas sequências dos nucleotídeos. Os agentes mutagénicos são factores que podem elevar a frequência das mutações. Em 1920, Hermann J. Muller descobriu que submetendo drosófilas ao raio X, a frequência das mutações aumentava cerca de cem vezes em relação a população não exposta. O aumento na taxa de mutações pode ser obtido pelo emprego de numerosos agentes físicos e químicos.

Além dos agentes mutagénicos já mencionados, existem alguns de natureza biológica. É o caso de certos vírus que induzem mutações causadoras de várias doenças, por exemplo, o cancro.

O mais importante dentre eles são as radiações. Quando uma célula recebe radiação, as moléculas podem ser quebradas ou alteradas nas suas estruturas. Quando as alterações são muito grandes, podem interferir com o metabolismo e divisão celular, e a célula morre. Quando ela sobrevive à radiação, as modificações são duplicadas e transmitidas para as células das gerações sucessivas.

Entre os **agentes físicos**, os mais conhecidos são as radiações, bem como o raio X. O calor também aumenta a incidência das mutações: na espécie humana, a sua frequência em trabalhadores de altos-fornos de fábricas siderúrgicas, os quais permanecem muito tempo em locais de temperatura elevada, é mais alta que na população geral.

As **substâncias químicas**, como o «gás mostarda» e o ácido nítrico (HNO_2), também podem aumentar a frequência de mutações. Aerossóis, corantes alimentares e alguns componentes da fumaça do cigarro são capazes de alterar o património genético de uma célula, podendo levar ao desenvolvimento de diversas formas de mutações e cancro.

Todos os seres vivos estão submetidos, diariamente, a vários desses agentes. Entretanto, as mutações permanecem como eventos não muito frequentes. A relativa estabilidade do material genético deve-se à existência de um grupo de enzimas de reparação, que «patrulham» permanentemente as moléculas de DNA à caça de alterações na sequência de seus nucleotídeos. Na maioria das vezes, essas alterações são detectadas e consertadas.

Alguns destes agentes mutagénicos podem causar um dano imediato e visível no indivíduo que se encontra exposto à sua acção ou então um dano menos detectável, no qual é afectado o DNA das células reprodutoras, com consequências nefastas para as gerações futuras. Muitos destes problemas foram reconhecidos em investigações que envolvem os sobreviventes dos bombardeamentos de Hiroshima e Nagasaki e, mais recentemente, do acidente de Chernobyl. Os dados obtidos sobre as crianças que têm os pais que sobreviveram indicam um aumento significativo na incidência da leucemia e o aparecimento de anomalias congénitas.

Em resumo, se não existissem mutações, todos os genes existiriam apenas numa forma, e os organismos não seriam capazes de evoluir nem de se adaptar às mudanças ambientais. Não há dúvida de que a mutação é a fonte básica de toda a variabilidade genética, mas se ocorresse muito frequentemente poderia desestabilizar totalmente a transmissão da informação genética de uma geração para outra. Porém, cada gene tem provavelmente um comportamento mutacional próprio e característico, sendo, por isso, difícil determinar a frequência com que uma mutação ocorre. Um outro factor que condiciona a determinação da taxa de mutação é o facto de, por vezes, a sua ocorrência ser pouco perceptível, por as alterações genéticas originarem modificações pouco significativas, não causando, por isso, qualquer mudança fenotípica detectável.

Comparação entre doenças hereditárias e doenças infecciosas

É importante que as pessoas compreendam que **doença genética** não é sinónimo de **doença hereditária**. Doença genética é todo e qualquer distúrbio que afecte o nosso material genético. Portanto, qualquer doença não infecciosa, não contagiosa que afecte o material genético, em maior ou menor escala, é uma doença genética. O cancro, por exemplo, é uma doença genética, assim como hipertensão, diabetes e obesidade.

Algumas características genéticas dependem não só dos genes, mas também de ambiente favorável para manifestar-se. Outras, como as hereditárias, dependem só dos genes. No primeiro caso, enquadra-se a hipertensão. No segundo, o grupo sanguíneo que não se altera com o estilo de vida ou no ambiente em que a pessoa está inserida. Hoje, inúmeras doenças são diagnosticadas por um estudo simples de DNA. Cada vez mais uma gotinha

Curiosidade

Compostos do cigarro:

Gases tóxicos – ácido levulínico, monóxido de carbono, terentina, tolueno, butano, acetonas e amónia.

Substâncias cancerígenas – acroleína, benzeno, níquel, cianeto, N-nitrosaminas, formaldeído, polónio 210.

Metal tóxico – fósforo P_4 P_6 .

Metais cancerígenos – arsénico, cádmio e acetato de chumbo.

Gases cancerígenos – xileno. E ainda, nicotina, acetaldeído e naftalina.



Efeitos do acidente de Chernobyl.

de sangue basta para fazer o diagnóstico de doenças o que torna desnecessária a indicação de exames invasivos.

Os genes, na espécie humana, são responsáveis pela determinação dos mais diversos caracteres, como, por exemplo, a cor dos olhos e o grupo sanguíneo. Muitas doenças que conhecemos também têm uma origem genética são transmitidas do mesmo modo que a maioria de nossas características: hereditariamente.

A **doença hereditária** é aquela cujo mecanismo de transmissão depende da configuração cromossômica dos progenitores. O genótipo dos pais determina a manifestação de certo mal nos seus descendentes. Não se deve confundir-la com as doenças congênitas, que são causadas normalmente por um problema «in útero» e se manifestam logo que a criança nasce. Uma doença hereditária pode-se manifestar tardiamente e sempre estar ligada a uma causa genética.

As estruturas que contêm as unidades hereditárias da espécie humana são denominadas cromossomas. Todos nós possuímos um conjunto de cromossomas (com seus respectivos genes) herdados do pai e outro da mãe. Quando surge um gene diferente daquele que herdamos, dizemos que houve uma mutação. Essas são causadas por vários factores e podem gerar malformações e danos ao indivíduo. Muitas vezes são as bases das doenças hereditárias. Alterações no número e na estrutura dos cromossomas também costumam causar anomalias hereditárias, bem como a combinação de certos genes que, sozinhos, não são patológicos.

Outro tipo de herança é aquela ligada ao sexo. Genes localizados no cromossomo X determinam características que, principalmente para indivíduos do sexo masculino, são de grande importância. Um homem que apresentar, por exemplo, um gene para a hemofilia, manifestará a doença. Tal gene localiza-se no cromossomo X e não há outra unidade equivalente no Y, portanto, não há meios de se compensar tal deficiência.

Por outro lado, quando um gene localizado num autossomo (ou seja, presente num único cromossoma) manifesta a sua característica, dizemos que ele é dominante. Se ele precisar de estar tanto no cromossoma herdado da mãe, quanto no que foi herdado do pai para se manifestar, este é chamado recessivo.

Como exemplo temos a hemofilia e a polidactilia.

Doença infecciosa ou doença transmissível é qualquer doença causada por um agente biológico, por exemplo, vírus, bactéria ou parasita.

Como exemplo temos a malária, a tuberculose, o HIV e a hepatite A.

Aplicação da genética na agricultura e na pecuária

A Genética é uma ciência fascinante que, para além de nos permitir compreender cada vez melhor muitos dos mecanismos que determinam o que nós somos e o que serão os nossos filhos, tem numerosas aplicações de natureza prática, essencialmente no domínio da agricultura, da pecuária e da medicina.

Desde há muito tempo que o uso de cruzamentos selectivos tem permitido reunir num único indivíduo características que se encontravam em indivíduos separados, assim se obtendo novas variedades ou híbridos que

apresentam normalmente maior resistência, maior produtividade e melhor qualidade. O aumento contínuo da população humana e a procura incessante de melhores condições de vida fazem com que as aplicações práticas da Genética se tornem cada vez mais importantes, no que respeita à produção de alimentos e de fármacos.

As recentes pesquisas a nível molecular, sobre a natureza e acção do material genético DNA, permitiram o desenvolvimento de uma nova biotecnologia, conhecida por Engenharia Genética, com capacidade para inserir um ou mais genes de uma determinada espécie no material genético de outra espécie, ultrapassando assim as barreiras interespecíficas que existem na Natureza.

Por meio de pesquisas, os cientistas podem usar a biotecnologia e a modificação dos genes para, por exemplo, transformar um alimento convencional noutra ou desenvolver variedades de produtos enriquecidos nutricionalmente, ou ainda que ajudem os seres humanos no combate a determinadas doenças. Já é possível também produzir plásticos biodegradáveis utilizando bactérias e os biocombustíveis, que não prejudicam o meio ambiente. Podemos ainda citar alguns bens, serviços e produtos obtidos através da biotecnologia:

Agricultura – Mudanças de plantas, plantas transgênicas, adubos compostos, pesticidas, etc.

Pecuária – Embriões.

Nos últimos anos, tem-se verificado também um notável desenvolvimento das experiências de transplante e manipulação de genes no domínio da Botânica. Deste modo, conseguiram obter-se algumas plantas mais resistentes a certo tipo de insectos, introduzindo-lhes o gene de uma bactéria (*Bacillus Thuringiensis*) que produz uma proteína – a protoxina – que, em condições normais, é inócua, mas que, uma vez digerida pelo insecto, se transforma num veneno mortal.

Pensa-se ainda na possibilidade de se introduzir em cereais os genes existentes nalgumas bactérias que se encontram nas raízes das leguminosas e que permitem a fixação do azoto atmosférico. Se tal se verificasse, seriam dispensáveis os adubos no cultivo de cereais, com benefícios como uma redução significativa da erosão dos solos, redução dos custos totais de produção, menor consumo de combustíveis, melhoria na qualidade da água e sustentabilidade dos solos. Favorecendo a diminuição a redução do uso de herbicidas até 30%, o sistema contribui para diminuir a poluição ambiental.

Genoma – conjunto de genes contidos no DNA.

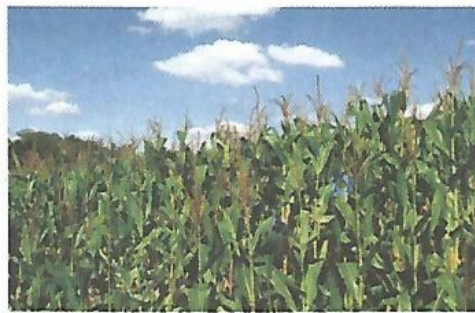
O DNA humano é formado por cerca de três biliões ($3 \cdot 10^9$) de nucleótidos que correspondem possivelmente a 30 000 ou 100 000 genes.



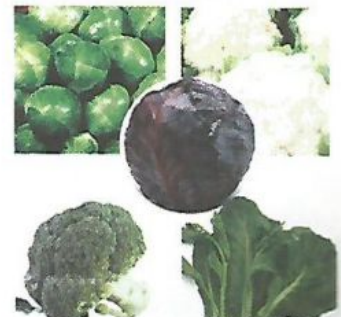
Nesta imagem pode ver-se a diferença entre o milho geneticamente manipulado e o milho devorado pelas cochonilhas.



Plantação de soja.



Plantação de milho.



A selecção artificial é a responsável pela grande variedade de plantas da espécie *Brassica oleracea*.



Comparação entre um rato normal e um rato em cujo geneoma se introduziu o gene da hormona humana de crescimento. O rato transgénico é maior que o rato normal.

A nova genética também tem sido utilizada no mundo animal, com o objectivo de obter animais mais férteis, maiores ou com carne de melhor qualidade.

Uma das técnicas utilizada em mamíferos a título experimental é a da **transgénese** e consiste em introduzir o gene seleccionado num óvulo fecundado. O gene mais frequentemente seleccionado para ser introduzido num óvulo fecundado de rato, coelho, porco, cabra ou vaca é o da hormona humana de crescimento. O resultado é uma aceleração no crescimento destes animais (animais transgénicos), que atingem um tamanho muito superior relativamente aos animais em que não se aplicou esta técnica.

Na pecuária, por exemplo, no gado bovino através da selecção e cruzamento de várias raças obtêm-se novos animais que produzem mais leite ou mais carne de acordo com o objectivo pretendido.

Pela sua natureza, o desenvolvimento da engenharia genética convive com problemas legais e éticos. Um dos principais factores que exigem um controlo rígido pela sociedade organizada, e tem gerado polémicas ético-morais, é a manipulação do genoma de seres vivos com fins eugénicos, ou seja, a de depuração da espécie.

Santa Gertrudis



Shorthorn



Zebu



O gado Santa Gertrudis que é uma variedade resistente a infecções e ao calor e produtora de boa carne que foi obtida pelo cruzamento entre o gado da raça Shorthorn dos Estados Unidos e muito bom produtor de carne, mas pouco resistente ao calor e muito susceptível a doenças transmitidas por insectos e carrapatos e o gado Zebu de origem indiana produz pouca carne, não sofre com o calor e é muito resistente a picadas de insectos e carrapatos.

Na Estação Agrária do Umbelúzi também se realizam ensaios, por exemplo, com a mandioca, o amendoim, a batata-doce e o milho com vista a obterem-se melhores resultados nas colheitas. Depois de testadas as várias espécies são entregues aos camponeses para semearem e assim aumentarem o seu rendimento familiar.



Culturas de milho, amendoim, feijão e tomate na Estação Agrária de Umbeluzi.

Exercícios propostos

- Um homem doador universal casa-se com uma mulher do grupo sanguíneo B, cuja mãe é do grupo sanguíneo O. Marque a alternativa correspondente aos prováveis grupos sanguíneos dos filhos do casal.
A. Grupo B ou AB B. Grupo B ou O C. Grupo AB ou O
D. Apenas grupo B E. Apenas grupo O
- Crossing-over* é o nome dado:
A. A troca de partes entre os cromossomas homólogos.
B. A troca de partes entre os cromatídeos-irmãs.
C. A reversão de uma mutação.
D. A duplicação do cromossoma.
- A Segunda Lei de Mendel postula:
A. Distribuição conjugada dos genes.
B. Segregação independente.
C. Troca de partes entre cromossomas.
D. Importância da recessividade.
- Por que razão a frequência de mulheres hemofílicas é muito baixa na população?
A. Porque todas morrem durante a primeira menstruação.
B. Porque a hemofilia é restrita ao sexo masculino.
C. Porque para serem hemofílicas devem apresentar alelos da doença vindos do pai e da mãe.
D. Porque apenas com a trissomia do cromossoma 21 se tornam hemofílicas.
- A síndrome de Turner está relacionada a indivíduos:
A. XO B. XXX C. XXY D. XYY
- O cruzamento entre uma planta de ervilha rugosa-verde rrvv com um planta lisa-amarela RR VV tem como descendente em F₁:
A. Apenas plantas lisa-verde.
B. Plantas tanto lisa-amarela quanto rugosa-verde.
C. Apenas plantas lisa-amarela.
D. Apenas plantas rugosa-verde.
- O que são genes?
- Explique a relação existente entre genótipo e fenótipo.
- O termo genótipo refere-se ao:
A. Conjunto de todos os caracteres de um organismo.
B. Conjunto de caracteres externos de um organismo.
C. Conjunto de caracteres internos de um organismo.
D. Conjunto de cromossomas de um organismo.
E. Conjunto de genes de um organismo.
- O fenótipo de um indivíduo é:
A. Herdado dos pais.
B. Independente do genótipo.
C. Independente do ambiente.
D. O resultado da interação do genótipo com o ambiente.
E. O conjunto de cromossomas.

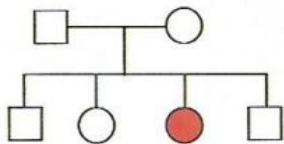
Exercícios propostos

11. Nas cobaias, o gene B para pelagem preta é dominante sobre b, que condiciona pelagem branca. Duas cobaias pretas heterozigóticas são cruzadas. Calcule:
- A proporção genotípica.
 - A proporção fenotípica.

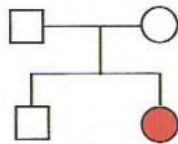
12. O pêlo das cobaias pode ser arrepiado ou liso, dependendo da presença do gene dominante L e do gene recessivo l. O resultado do cruzamento entre um macho liso com uma fêmea arrepiada heterozigótica é:
- 50% lisos e 50% arrepiados heterozigóticos.
 - 50% arrepiados e 50% lisos heterozigóticos.
 - 100% arrepiados.
 - 100% lisos.
 - 25% arrepiados, 25% lisos e 50% arrepiados heterozigóticos.

13. Determine o tipo de herança que ocorre nas famílias a seguir:

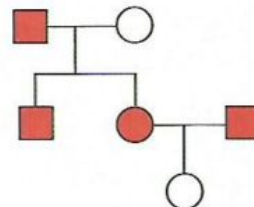
a)



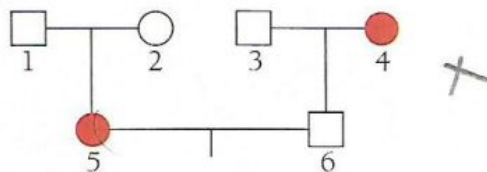
b)



c)



14. Por que razão o indivíduo do grupo O pode doar seu sangue a qualquer pessoa? Por que uma pessoa do grupo AB pode receber sangue de qualquer tipo?
15. Um homem do grupo sanguíneo AB é casado com uma mulher cujos avós paternos e maternos pertencem ao grupo sanguíneo O. Esse casal poderá ter apenas descendentes:
- do grupo O;
 - do grupo AB;
 - dos grupos AB e O;
 - dos grupos A e B;
 - dos grupos A, B e AB.
16. Dois caracteres com segregação independente foram analisados numa família: grupos sanguíneos do sistema ABO e miopia. A partir dessa análise, obtiveram os seguintes dados:



I – 1, 2 e 3 pertencem ao grupo O.

II – 4 pertence ao grupo AB.

III – 4 e 5 são míopes.

Qual a probabilidade de o casal 5 e 6 ter uma criança do grupo sanguíneo O e míope?

- 1/16
- 1/8
- 1/4
- 1/2
- 3/4

17. Como se forma o anti-Rh no corpo humano?

+

Exercícios propostos

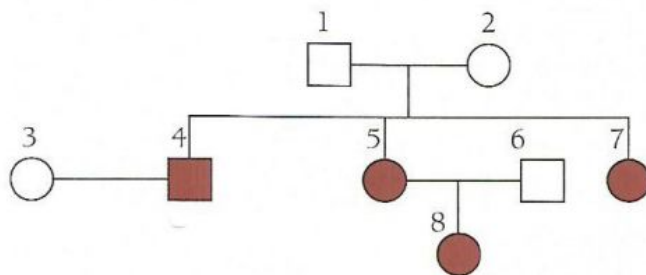
18. Para que haja possibilidade de ocorrência de eritroblastose fetal (doença hemolítica do recém-nascido), é preciso que o pai, a mãe e o filho tenham, respectivamente, os tipos sanguíneos:

- A. Rh⁺, Rh⁻, Rh⁺ B. Rh⁺, Rh⁻, Rh⁻
 C. Rh⁺, Rh⁺, Rh⁺ D. Rh⁺, Rh⁺, Rh⁻
 E. Rh⁻, Rh⁺, Rh⁺

19. Um indivíduo de tipo sanguíneo O, Rh⁻, filho de pais tipo sanguíneo A, Rh⁺ pretende casar-se com uma jovem de tipo sanguíneo A, Rh⁻, filha de pai de tipo sanguíneo O, Rh⁻ e mãe AB, Rh⁺. A probabilidade de o casal ter filhos com o mesmo fenótipo do pai será:

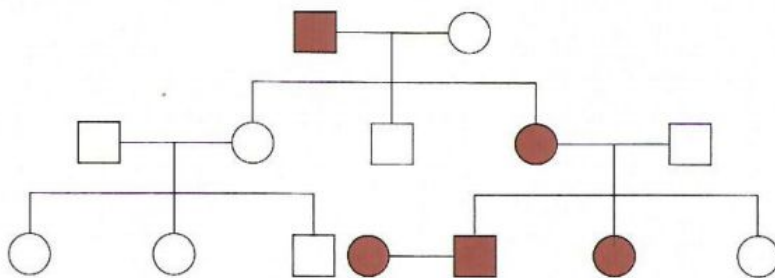
- A. 1/4 B. 1/2 C. 1/3
 D. 1/8 E. 1/16

20. A genealogia representada ao lado refere-se a uma família com casos de albinismo. Baseando-se na genealogia, podemos afirmar que:



- A. O albinismo é um carácter dominante, sendo os indivíduos albinos todos homocigóticos.
 B. O albinismo é um carácter dominante, sendo os indivíduos albinos todos heterocigóticos.
 C. O albinismo é um carácter recessivo, sendo os indivíduos de números 2 e 6 (no gráfico) heterocigóticos.
 D. O albinismo é um carácter recessivo, sendo os indivíduos normais todos heterocigóticos.
 E. O albinismo é um carácter dominante porque o indivíduo de número 4 é albino e filho de pais normais.

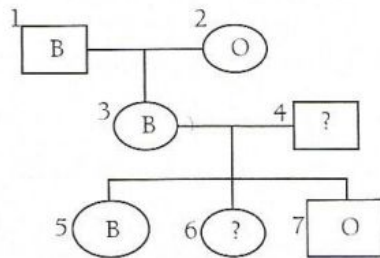
21. Na árvore genealógica a seguir, os símbolos a vermelho representam indivíduos afectados pela polidactilia e os símbolos a branco indivíduos normais. Conclui-se, dessa árvore genealógica, que, em relação à polidactilia:



- A. Os indivíduos afectados são sempre homocigóticos.
 B. Os indivíduos normais são sempre heterocigóticos.
 C. Os indivíduos heterocigóticos são apenas de um dos dois sexos.
 D. Pais normais originam indivíduos homocigóticos recessivos.
 E. Pais normais originam indivíduos heterocigóticos.

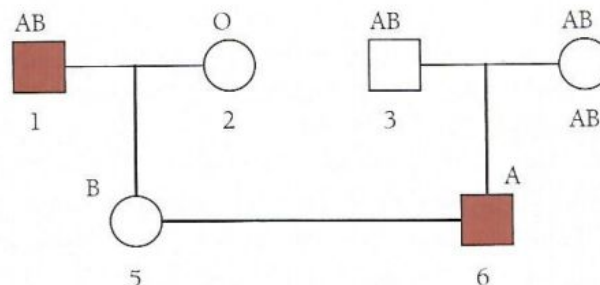
Exercícios propostos

22. Por que razão a mutação é um dos mais importantes factores evolutivos?
23. O daltonismo tem herança ligada ao X. Um indivíduo anormal, com cariótipo 47, XXY, era daltónico. Os seus genitores tinham visão normal para cores.
 A. Qual genitor formou o gâmeto com 24 cromossomas? Explique.
 B. O erro correu na primeira ou na segunda divisão da meiose? Explique.
24. Qual das seguintes síndromes humanas é devida a uma monossomia?
 A. Síndrome de Down B. Síndrome de Turner C. Síndrome de Klinefelter
 D. Síndrome de Kernicterus E. Síndrome da imunodeficiência adquirida.
25. Na árvore genealógica seguinte aparecem os grupos sanguíneos no sistema ABO.



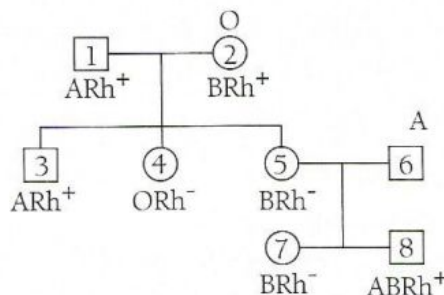
Qual a probabilidade de 6 ser heterozigótico?

26. Na árvore genealógica em baixo, os indivíduos com cor são daltónicos. A probabilidade do casal 5 × 6 ter uma filha daltónica e do grupo sanguíneo AB é de:



- A. 1/4 B. 1/2 C. 9/16 D. 1/8 E. 3/16

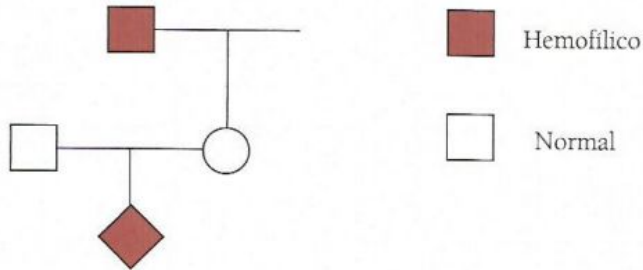
27. Na árvore genealógica a seguir estão indicados o fenótipos dos grupos sanguíneos ABO e Rh. O indivíduo 6 deverá ser, em relação aos *locos* dos sistemas ABO e Rh, respectivamente:



- A. heterozigótico - heterozigótico. B. heterozigótico - homozigótico dominante.
 C. heterozigótico - homozigótico recessivo. D. homozigótico - heterozigótico.
 E. homozigótico - homozigótico dominante.

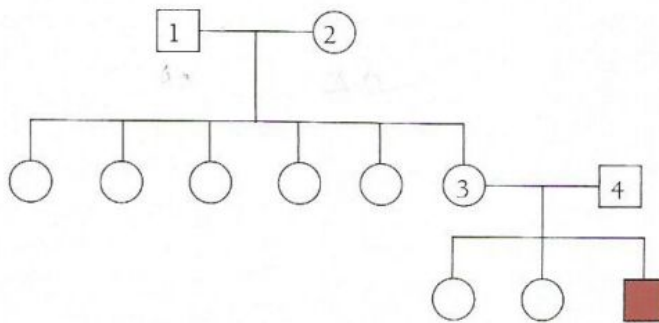
Exercícios propostos

28. No diagrama abaixo está representado o casamento entre um homem normal e uma mulher normal, filha de um homem hemofílico .
 Sabendo-se que a hemofilia é uma doença determinada por um gene recessivo e ligado ao sexo, deste casamento poderão nascer crianças hemofílicas na proporção de:



- A. 0 % B. 25% C. 50%
 D. 75 % E. 100%

29. Considere a árvore genealógica que representa uma família portadora de carácter recessivo condicionado por um gene situado num dos cromossomas sexuais. A respeito desta árvore genealógica, podemos afirmar que :



- A. A mulher 2 é homocigótica.
 B. As filhas do casal 3 e 4 são, certamente, portadoras do gene.
 C. As mulheres 2 e 3 são, certamente, portadoras do gene.
 D. Todas as filhas do casal 1 e 2 são portadoras do gene.
 E. Os homens 1 e 4 são, certamente, portadores do gene.

Origem da Terra

A Terra surgiu há cerca de 4,5 biliões de anos através de uma Nebulosa Protosolar que era uma nuvem de gás e poeira em rotação lenta, em condensação deu origem aos planetas, luas e outros corpos celestes que passaram a girar à volta do Sol, nascendo assim ao nosso Sistema Solar. No início, a Terra era constituída por rocha derretida, a qual se solidificou há cerca de 2,5 biliões de anos e formou a superfície terrestre. Existiam erupções vulcânicas constantes e, por isso, a atmosfera da Terra era tóxica e provavelmente não apresentava amónia (NH_3), metano (CH_4), vapor de água (H_2O) e hidrogénio (H_2). O vapor de água condensava-se à medida que a temperatura da crosta diminuía e portanto criava chuvas sobre as rochas quentes, provocando nova condensação, e assim por diante criando um activo ciclo de chuvas que durou milhões de anos; as partes de terra que ficaram emersas formaram os continentes.

A vida começou na terra há 3,5 biliões de anos, no período Arqueano.

Origem da vida

Até relativamente pouco tempo, acreditava-se amplamente que as formas avançadas da vida podiam nascer directamente da matéria não viva.

Desde tempos imemoriais que o Homem se tem preocupado e tentado explicar a origem da vida na Terra. As primeiras explicações foram de natureza divina e religiosa, atribuindo a origem da vida a um criador Supremo e é relativa aos mitos da «criação», afirmando-se que a vida foi criada por uma força ou ser superior, o que torna esta hipótese longe do campo de acção do raciocínio científico, não podendo ser testada e nem refutada.

Além desta teoria existem mais duas ideias principais em relação à origem da vida.

A ideia de que a vida pode ter sido originada fora do planeta Terra e sido «semeada» por pedaços de rochas, como meteoritos, que teriam trazido «esporos» ou outras formas de vida extraterrestre que evoluíram nas condições favoráveis da Terra, até originar a diversidade de seres vivos que conhecemos (Teoria Cosmozóica ou Panspermia). Para reforçar esta ideia existe o facto de todos os anos chegarem à superfície da Terra, ao redor de mil toneladas de meteoritos, e em algumas dessas rochas foram encontradas substâncias orgânicas, como aminoácidos e bases nitrogenadas.

Todavia, o aquecimento de qualquer corpo que entrasse na atmosfera terrestre seria de tal ordem que destruiria qualquer forma de vida semelhante à que conhecemos hoje.

E, finalmente, a terceira ideia, a mais em voga hoje, aceita que a vida pode ter surgido espontaneamente sobre o planeta Terra, através da evolução química de substâncias não vivas.

Aristóteles (384-322 a.C.), um grande pensador grego, elaborou a primeira teoria explicativa não religiosa, com base nas opiniões expressas até à sua época e em observações que ele próprio realizou. Segundo esta teoria – teoria da geração espontânea – a vida era o resultado da interacção entre um «princípio activo» e um «princípio passivo», podendo brotar espontaneamente em qualquer momento.

Até ao século XIX, altura em que F. Redi propôs a teoria da Biogénese, segundo a qual todo o ser vivo provém de outro pré-existente, a Teoria da Geração Espontânea ou Abiogénese nunca foi posta em causa e foi defendida por nomes ilustres da ciência. Porém, desde esta época que se desencadeou uma forte e crescente polémica entre cientistas adeptos de ambas as teorias, que só terminaria em meados do século XIX, quando Pasteur, respondendo a uma preocupação da Academia de Ciências de Paris, provou através de experiências incontestáveis, que todo o ser vivo provém de um outro pré-existente, surgindo assim a pergunta inevitável: e como surgiu o primeiro ser vivo?

É difícil e pouco seguro verificar eventos que ocorreram há biliões de anos, quando o planeta era muito diferente do que é hoje, porém, cientistas conseguiram reproduzir algumas das condições originais em laboratório e descobriram muitas evidências geológicas, químicas e biológicas que reforçam essa hipótese.

A teoria de que a vida pode ter surgido espontaneamente sobre o planeta Terra, através da evolução química de substâncias não vivas, foi defendida pela primeira vez pelo cientista russo Oparin, em 1936.

Analisando as características que os seres vivos exibem hoje observa-se, independentemente da sua forma ou tamanho, a presença dos mesmos constituintes básicos, açúcares simples, os 20 tipos de aminoácidos, os 4 nucleotídeos de DNA, os 4 de RNA, e os lipídios.

Estudos químicos revelaram que estes compostos podem ser feitos em laboratório, se houver uma fonte de carbono, de azoto, e uma certa quantidade de energia disponível. Assim sendo, se as condições adequadas tivessem estado presentes, no passado da Terra, estas substâncias poderiam ter-se formado sem grandes dificuldades.

O russo Aleksander I. Oparin, em 1936, no seu livro «A Origem da Vida» apresentou algumas das suas ideias.

Ideias de Oparin

Além de algumas ideias sobre a formação da Terra e da constituição atmosférica primitiva, Oparin concluiu que radiações ultravioletas e descargas eléctricas das tempestades agiram sobre as moléculas da atmosfera primitiva quebrando algumas ligações químicas, e unindo outras, aparecendo assim novos compostos na atmosfera, alguns dos quais orgânicos, como os aminoácidos, por exemplo.

Os aminoácidos e outros compostos foram arrastados pela água até à crosta ainda quente e compostos orgânicos combinaram-se entre si, formando moléculas maiores, como os «proteínóides» (ou substâncias similares a proteínas).

E quando a temperatura das rochas se tornou inferior a 100 °C, foi possível a existência de água líquida na superfície do globo formando assim os mares para onde as moléculas orgânicas foram arrastadas.

Na água, as probabilidades de encontro e choques entre moléculas aumentaram muito e formaram-se agregados moleculares maiores, os coacervados.

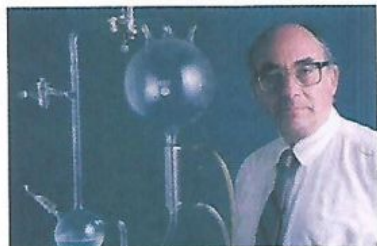
Os **coacervados** ainda não são seres vivos, no entanto, continuam a chocar entre si e reagindo durante um tempo extremamente longo. Algum coacervado pôde casualmente ter atingido a complexidade necessária, pois



A. Oparin



Comprovação experimental

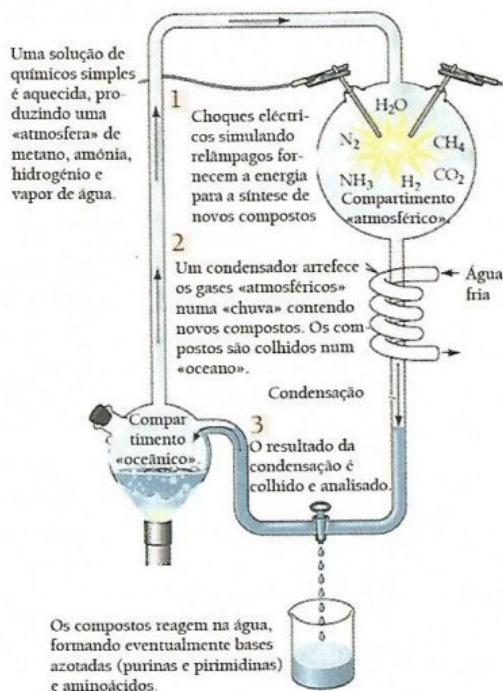


Stanley Miller

a diferença entre vida e não vida é uma questão de organização dos mesmos compostos. Daí em diante, se tal coacervado teve a propriedade de se duplicar, pode-se admitir que surgiu a vida, mesmo que sob uma forma extremamente primitiva.

Miller e a prova experimental

O bioquímico Miller tentou reproduzir em laboratório algumas das condições previstas por Oparin construindo um aparelho, que era um sistema fechado, no qual fez circular durante 7 dias uma mistura dos gases, metano, hidrogénio, amónio, e vapor de água. Um reservatório de água aquecido à temperatura de ebulição permitia a formação de mais vapor de água, que circulava arrastando os outros gases.



Existia também um lugar no aparelho onde a mistura era submetida a descargas eléctricas constantes, simulando os «raios» de tempestades que se acredita terem existido na altura. Um pouco adiante, a mistura era esfriada e ocorrendo condensação, tornava-se novamente líquida. Ao fim da semana, a água do reservatório, analisada pelo método da cromatografia, mostrou a presença de muitas moléculas orgânicas, entre as quais alguns aminoácidos.

Miller, com a experiência, não provou que os aminoácidos se tenham formado na atmosfera primitiva mas sim que, caso as condições de Oparin tivessem existido, a síntese de aminoácidos teria sido perfeitamente possível.

Outro cientista, Fox, em 1957, aqueceu uma mistura seca de aminoácidos e verificou que, entre muitos deles aconteceram ligações peptídicas, formando-se moléculas semelhantes a proteínas. Estes resultados reforçaram a ideia de que, se realmente os aminoácidos caíram sobre as rochas quentes, trazidos pela água da chuva, eles poderiam ter sofrido combinações formando moléculas maiores, os proteinóides, que acabariam por ser carregadas aos mares em formação. Percebe-se que Fox tenta testar parte das ideias de Oparin, e o seu ponto de partida foi, sem dúvida, a experiência de Miller.

A química dos colóides explica e prevê a reunião de grandes moléculas em certas condições, formando agregados chamados coacervados.

A última etapa da hipótese de Oparin, porém, nunca poderá ser testada em laboratório, pois para conseguirmos que um entre triliões de coacervados se transformasse, por acaso, num ser vivo muito simples, teríamos de dispor de um laboratório tão grande quanto os mares primitivos, e que contivesse, portanto, um número infinitamente grande de coacervados. Teríamos de dispor também de um tempo infinitamente grande, que possibilitasse inúmeras colisões e reacções químicas que foram necessárias para se obter pelo menos um sucesso.

Teorias antigas sobre a origem dos seres vivos

Mecanismos de Evolução

As teorias evolutivas procuram explicar os mecanismos que determinam a grande variedade de seres vivos. Propõem as teorias evolutivas que os seres vivos são passíveis de modificações e que, provavelmente, sofrem alterações morfológicas e fisiológicas ao longo dos tempos.

Propõem ainda que as espécies actuais tiveram origem noutras pré-existentes que sofreram modificações com a finalidade de se adaptar às constantes modificações ambientais ocorridas no nosso planeta.

Pode-se concluir, portanto, que a evolução é o processo através do qual ocorrem mudanças ou transformações nos seres vivos ao longo do tempo, dando origem a espécies novas.

Diversas teorias evolutivas já foram elaboradas, destacando-se entre elas as teorias de Lamarck, a de Darwin e, mais recentemente, foi formulada a Teoria Sintética da Evolução, também conhecida como Neodarwinismo que é a teoria mais aceite actualmente pelos biólogos.

Fixismo, transformismo (evolucionismo), catastrofismo e geração espontânea

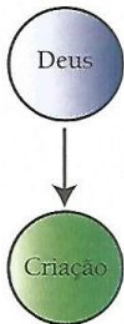
A diversidade do mundo vivo até meados do século XIX era explicada de acordo com uma concepção resultante da interpretação dos textos bíblicos. Os seres vivos eram o resultado de um acto divino, e as espécies mantinham-se inalteradas ao longo do tempo desde a sua criação. Esta explicação é conhecida por **Fixismo**. Considera a Natureza como um sistema ordenado, estável e onde cada ser vivo é criado para uma determinada finalidade e se encontra perfeitamente adaptado.

Contrariamente ao Fixismo existe o **Evolucionismo** ou **Transformismo** que defende que os seres vivos que existem actualmente na Terra são resultado da evolução ou transformação de seres vivos que existiram no passado. Por outras palavras; as espécies de seres vivos relacionam-se umas com as outras e alteram-se ao longo do tempo.

Dentro das teorias fixistas podem-se colocar três ideias nomeadamente a Criacionista, a da Geração Espontânea e o Catastrofismo.

- A **hipótese Criacionista** explicava eventos como a origem do universo, da vida na Terra ou das próprias espécies através de criações de entidades inteligentes. Exemplo: «Deus disse: que a Terra produza seres vivos segundo as suas espécies, animais domésticos, répteis e animais ferozes, segundo as suas espécies. Assim aconteceu. Deus fez os animais ferozes, segundo as suas espécies; os animais domésticos, segundo as suas espécies; e todos os répteis da Terra, segundo as suas espécies». Este dogma criacionista dominou o pensamento ocidental durante séculos.
- Na **teoria da Geração Espontânea ou Abiogénese formulada por Aristóteles (384-322 a.C.)**, os animais provinham geralmente de organismos idênticos, mas podiam também originar-se a partir da matéria inerte, ou seja, as espécies resultavam de um modo completamente formado a partir por exemplo do pó, do lodo ou da matéria orgânica em decomposição, em determinadas condições ambientais e sob a acção de um «princípio activo».
- A **teoria do Catastrofismo**, da autoria de Cuvier, naturalista muito conceituado na época (1799), considerava que cataclismos locais (glaciações, dilúvios, terramotos, etc.) sucessivos teriam aniquilado as formas de vida pré-existentes nessa zona, aparecendo após cada um desses cataclismos um novo povoamento com novas espécies, vindas de outros locais. Deste modo, Cuvier, explicava a descontinuidade entre estratos geológicos criando um meio termo entre o fixismo, que considerava correcto, e as evidências fósseis encontradas.

Deus Transcendente e imanente.



Deus é maior que a criação e independente dela. A criação como inerente e boa. Deus é envolvido com a criação. Gn. 1.10, 12, 18, 21, 25, 31; Ne. 9.6; Is 45.18

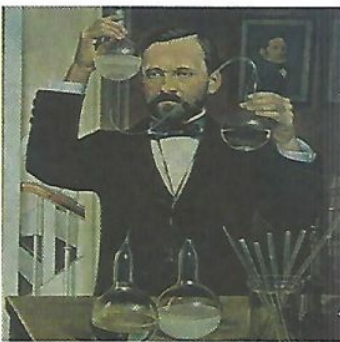
Experiência de Pasteur

Louis Pasteur (1860). Conseguiu, através das suas experiências, provar definitivamente que os seres vivos provinham de outros seres vivos.

As experiências de Pasteur

Pasteur colocou em vários frascos de vidro vários líquidos facilmente alteráveis em contacto com o ar, tais como uma suspensão de levedura de cerveja em água e açúcar, urina, suco de beterraba, água de pimenta, etc. Depois aqueceu e puxou os gargalos dos frascos, moldando-os de forma a que ficassem semelhantes a um S e deixando que os seus conteúdos fervessem por vários minutos, até que os vapores saíssem livremente pelas estreitas aberturas existentes nas partes superiores dos gargalos. Sem tomar nenhuma outra precaução, esperou que os frascos esfriassem.

Observou que nos primeiros momentos do resfriamento, o ar penetrava com muita força e num estado de completa impureza, mas encontrava nos frascos os líquidos a uma temperatura próxima à ebulição, o que matava os microrganismos que porventura penetrassem com o ar. À medida que os líquidos iam esfriando, o ar penetrava mais lentamente, e quando a temperatura já não era suficiente para matar os germes, a velocidade de penetração era tão diminuída que estes ficavam depositados ao longo das curvaturas dos gargalos, não conseguindo chegar nem agir nas infusões.

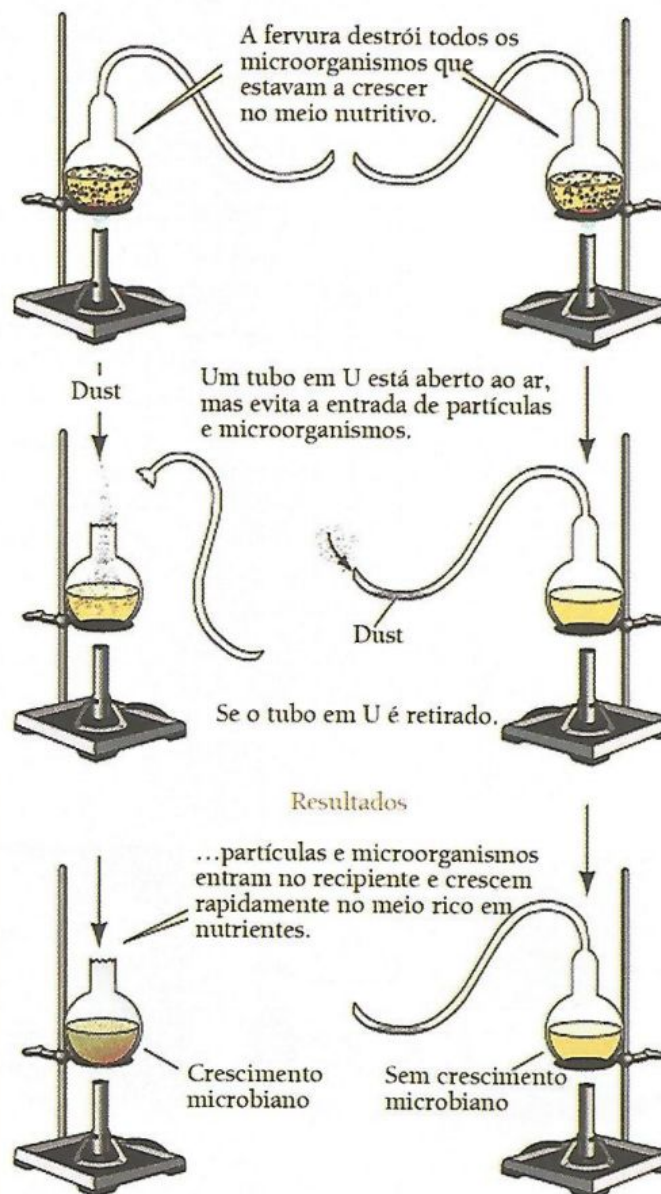


Louis Pasteur (1822-1895)

Assim, os líquidos permaneceram imutáveis por muito tempo, até que, depois de vários meses, Pasteur foi removendo os gargalos dos frascos a golpe de ferramenta, de tal modo que nada, a não ser o ar, os tocasse. Verificou que após 24 a 48 horas, bolores e infusórios se tornavam visíveis como se os frascos tivessem permanecido abertos e inoculados com a poeira do ar, sem nenhum artifício especial.

Estas experiências, assim como toda a obra de Pasteur, foram sempre cercadas de um indisfarçável cepticismo por parte dos seus opositores. Assim, na posse dos resultados, não os poupou jamais o grande cientista, atacando-os de frente, chegando a bradar, numa reunião em que se encontravam os mais eminentes cientistas e intelectuais de Paris: «A doutrina da Geração Espontânea jamais se reerguerá do golpe mortal que acaba de receber com esta simples experiência.»

De facto, Pasteur conseguiu fornecer respostas convincentes às objeções dos defensores da Geração Espontânea, provando que, apesar de os líquidos terem sido fervidos, não perdiam a capacidade de manter vida, caso neles fosse introduzido um microorganismo; não havia nenhum impedimento à formação de vida por falta do princípio activo, uma vez que o ar podia penetrar e sair livremente dos frascos.



Curiosidade

Como obter escorpiões:

«...Escavar um buraco num tijolo e meter lá erva e serpente bem esmagada. Aplicar um segundo tijolo sobre o primeiro e expor ao Sol. Alguns dias mais tarde, a serpente age como um fermento e nascerão pequenos escorpiões.» Van Helmont (1648)

Como obter ratos:

«...Comprimir uma camisa de mulher, de preferência um pouco suja, num vaso com trigo. Ao fim de vinte e um dias o fermento do suor feminino transforma o grão em ratos.» Van Helmont (1648)

Teoria de Lamarck

O fixismo dominou o mundo até meados do século XIX, quando surgiram os primeiros trabalhos sobre evolução divulgados por dois naturalistas, nomeadamente Charles Darwin e Alfred Russel Wallace.

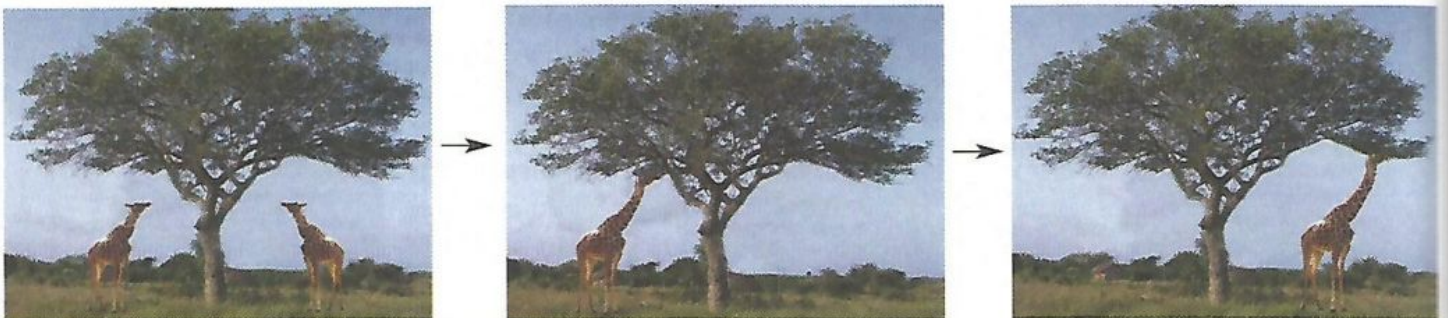
Porém, os mistérios da evolução já intrigavam estudiosos há muito mais tempo e muitos filósofos e naturalistas antecessores à época de Darwin e Wallace procuraram explicar a evolução dos seres vivos. Um destes estudiosos foi o naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck, que, a partir dos seus estudos, elaborou a teoria que seria conhecida como Lamarckismo.

Na sua teoria, Lamarck explica que a modificação dos seres vivos é devida às suas necessidades de se adaptarem a determinados ambientes, ou seja, quando surge uma necessidade ou dificuldade específica, o animal desenvolve características que o favoreçam de alguma maneira, e estas características seriam transmitidas às futuras gerações.

A teoria de Lamarck baseou-se em dois princípios básicos: o conceito de que é uma característica intrínseca dos seres vivos evoluírem para um nível de complexidade e perfeição cada vez maiores, motivo pelo qual Lamarck acreditava que os seres haviam evoluído de microrganismos simples originados de matéria não viva (teoria da geração espontânea, bastante popular na época de Lamarck), para organismos mais complexos. O segundo princípio foi o do «uso e desuso», que foi ponto crucial da teoria de Lamarck e dizia, basicamente, que o que não é usado atrofia e o que é usado acaba por se desenvolver sendo passado para as gerações futuras. Ou seja, órgãos, membros e outras características dos seres vivos que fossem usados acabariam por se desenvolver passando de geração para geração ocorrendo a transmissão hereditária das características adquiridas.

Um exemplo clássico que ilustra esta teoria é o estudo de como as girafas teriam adquirido os pescoços tão longos. De acordo com o lamarckismo, os ancestrais das girafas seriam animais de pescoços curtos, que se alimentariam de vegetação rasteira. Alguns animais passaram a alimentar-se de folhas de árvores, em ramos cada vez mais altos. Assim, o animal esticaria o seu pescoço para alcançar as folhas mais altas, causando um pequeno aumento do comprimento do mesmo. Esta característica seria passada de alguma maneira à descendência, que continuaria a esticar o pescoço para alcançar folhas mais altas e, ao longo de várias gerações, teria resultado em animais de pescoço longo, como os que conhecemos actualmente.

Mesmo sem ter evidências sólidas que a sustentasse, a teoria lamarckista foi amplamente divulgada. Entretanto ela não foi aceite, justamente por não ter evidências que a tornem viável.



Explicação lamarckista: as girafas necessitavam de esticar o pescoço para chegarem aos ramos mais altos das árvores, e isso fez com que elas crescessem ao longo do tempo. Essa característica foi passando de geração em geração por descendência.

Teoria científica da evolução dos organismos

Estudos de Charles Darwin

A publicação em 1859 de «A origem das espécies», de Charles Darwin, abalou o fundamento principal da teoria de Lamarck afirmando que a evolução das espécies se daria pelo processo de selecção natural e não pelo uso e desuso. Segundo a teoria de Darwin, algumas pequenas variações nos organismos surgiriam ao acaso e, caso essas variações os tornassem mais aptos que os outros organismos, estes sobreviveriam transmitindo as suas características aos seus descendentes, ou seja, na teoria de Lamarck o uso acarretaria a evolução, já na teoria de Darwin a evolução se daria pelo acaso aliado à selecção natural.

Charles Robert Darwin nasceu em Shrewsbury, Shropshire, Inglaterra, no dia 12 de Fevereiro de 1809. Era filho do médico Robert Darwin e de Susannah Darwin, a qual faleceu quando tinha apenas oito anos e, no ano seguinte, é enviado para a escola Shrewsbury onde só se interessou por colecção de minerais, insectos e ovos de pássaros.

Em 1825 foi estudar medicina na Universidade de Edimburgo, porém a sua aversão à brutalidade da cirurgia da época levou-o a negligenciar os seus estudos médicos.

Darwin ingressou, então, no curso de História Natural de Henslow e tornou-se um dos melhores alunos. John Stevens Henslow, professor de Botânica e tutor de Darwin na Universidade, recomendou Darwin para que acompanhasse o capitão do barco HMS Beagle, numa viagem de 2 anos para cartografar a América do Sul e era uma oportunidade que Darwin não podia deixar escapar, pois assim poderia desenvolver a sua carreira como naturalista.

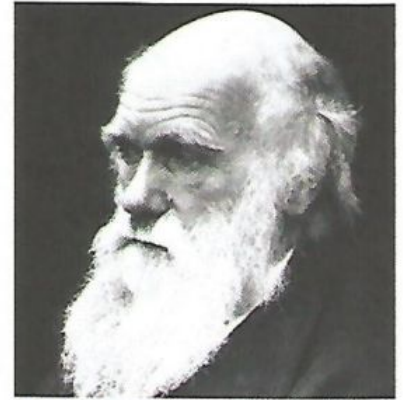
A viagem do Beagle, um navio da Armada Inglesa que deu a volta ao mundo, durou quatro anos e nove meses, dois terços dos quais Darwin esteve em terra firme.

Darwin estudou uma rica variedade de características geológicas, fósseis, organismos vivos e conheceu muitas pessoas, entre nativos e colonos.

Documentou metodicamente um enorme número de espécimes, muitos dos quais novos para a ciência. Isto estabeleceu a sua reputação como naturalista e fez dele um dos precursores do campo da Ecologia.

Durante a viagem, leu o livro «Princípios da Geologia» de Charles Lyell, que descrevia características geológicas como o resultado de processos graduais ocorrendo ao longo de grandes períodos de tempo. No Chile, ele presenciou um terramoto e observou pilhas de mexilhões encalhados acima da maré alta o que mostrava que toda a área havia sido elevada; e mesmo no alto dos Andes ele foi capaz de encontrar fósseis de conchas de animais marinhos nas rochas.

Na América do Sul, Darwin descobriu fósseis de animais extintos como o megaterium e o gliptodonte em camadas que não mostravam quaisquer sinais de catástrofe ou mudanças climáticas. Naquele tempo, Darwin pensava que aquelas eram espécies similares às encontradas em África mas, após o seu



Charles Robert Darwin
(1809-1882).

regresso, Richard Owen mostrou-lhe que os fósseis encontrados eram mais similares a animais não extintos que viviam na mesma região (preguiças e tatus).

Nas ilhas Galápagos, Darwin descobriu que cada espécie de cotovia era diferente de uma ilha para outra e ao voltar para Inglaterra, foi-lhe mostrado que o mesmo ocorria com as tartarugas e os tentilhões.

A bordo do Beagle, Darwin deu a volta ao mundo, esteve em países ou locais como: Cabo Verde, Brasil, Argentina, Andes, Terra do Fogo, Chile, Peru, Ilhas Galápagos, Nova Zelândia, Austrália e Ilhas Cocos.

Darwin com as suas teorias fundou o Darwinismo. Charles Lyell foi uma das personalidades que mais influenciou Darwin, pois este geólogo na época admitia que as leis são constantes no espaço e no tempo, que se deve explicar o passado a partir de dados do presente e que na longa história da Terra decorreram permanentemente mudanças geológicas lentas e graduais.

É provável que tenha admitido que, se a Terra tem milhões de anos e está em mudanças constantes e graduais, então, de um modo semelhante, a vida sobre a Terra poderia ter seguido o mesmo percurso. Os seres experimentam ao longo dos anos mudanças contínuas e graduais, inicialmente imperceptíveis, mas que com o tempo acabam por ter significado.



Explicação darwinista: havia diversidade entre as girafas, mas as que tinham o pescoço mais comprido tinham mais condições para se alimentarem no cimo das árvores, o que favorecia a sobrevivência e a reprodução. Como consequência passaram a predominar na população, resultando nas girafas actuais.

A grande diversidade de seres vivos e o aspecto exótico que, por vezes, assumem algumas espécies, bem como a constatação de que a fauna e a flora diferiam de continente para continente e das montanhas para os desertos, constituem elementos relevantes na formulação da teoria de Darwin.

Darwin, em meados de Setembro de 1835, chegou às ilhas Galápagos. Tratava-se de um arquipélago vulcânico, que apresentava uma fauna e uma flora peculiares. Charles Darwin ficou sobretudo impressionado com as tartarugas e com um grupo de aves, os tentilhões, que ficaram conhecidos por tentilhões de Darwin.

As tartarugas gigantes das ilhas Galápagos apresentam sete variedades diferentes, cada uma delas correspondendo a uma ilha. Contudo, apesar das diferenças, estes animais são extraordinariamente semelhantes entre si, fazendo supor que tenham tido uma origem em comum.

Os tentilhões de Darwin são umas pequenas aves que apresentam uma grande diversidade à volta de um padrão comum. As 14 espécies de tentilhões, apesar de muito semelhantes, podem distinguir-se sobretudo pela forma e tamanho do bico, o que está associado ao que cada um comia.

Depois de analisar todos os dados, Darwin concluiu que as ilhas povoadas a partir do continente sul-americano e que as características particulares de cada ilha condicionaram a evolução de cada espécie e daí a sua diferenciação.

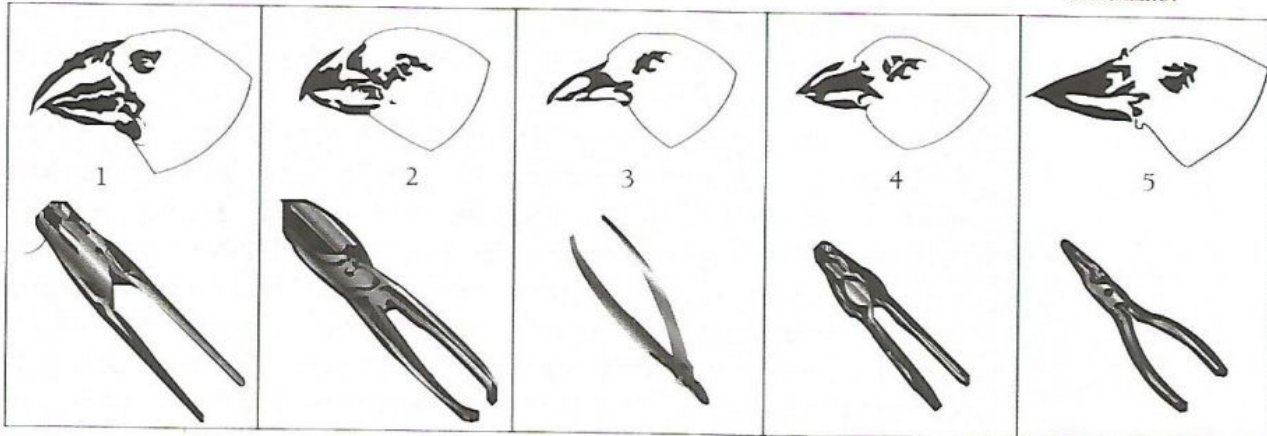
Darwin reparou que todas as diferentes espécies de tentilhões das Galápagos tinham bicos de forma e tamanho diferentes. Estas diferenças podiam explicar a selecção natural.

Os bicos são como alicates, cada um tem uma finalidade diferente.

Cada bico está adaptado à comida que o tentilhão pode encontrar na sua ilha.



Tentilhão.



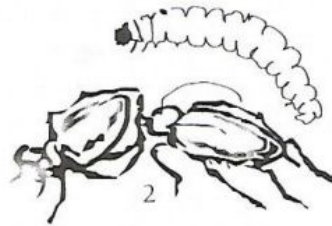
Pequenos insectos



Frutos grandes e duros



Néctar da flor de cacto.



Insectos grandes



Frutos grandes e duros

Esquema relação bico-alimento.

Os mecanismos de evolução propostos por Darwin podem ser resumidos da seguinte forma:

- Os indivíduos de uma mesma espécie mostram muitas variações, não sendo, portanto, idênticos entre si.
- Boa parte dessas variações é transmitida aos descendentes.
- Se todos os indivíduos de uma espécie se reproduzissem, as populações cresceriam exponencialmente.
- Como os recursos naturais são limitados, os indivíduos de uma população lutam pela sua sobrevivência e a da sua prole. Portanto, somente alguns, os mais adaptados, segundo Darwin, sobrevivem e deixam filhos.



Cotovia.

Importância: base da actual teoria da evolução.

Erro básico: não explica a origem das variações.

Lamarckismo vs Darwinismo

Para simplificar, vamos usar um exemplo bastante comum para explicar a teoria de Lamarck: imagine que as girafas, antigamente, tinham pescoços bem menores que os das girafas actuais e que, por isso, elas tivessem de esticar os seus pescoços repetidamente para alcançarem as copas das árvores e se alimentarem. Esse movimento constante de esticar o do pescoço (uso) teria causado um alongamento no pescoço das primeiras girafas e, por isso, os seus descendentes teriam nascido com os pescoços mais longos que os seus pais e assim sucessivamente, até originar as girafas de pescoço longo que vemos actualmente.

Já Darwin explicaria de outra forma: segundo a sua teoria, entre as girafas antigas com pescoços pequenos teriam nascido, aleatoriamente, alguns indivíduos com pescoço mais longo o que faria com que conseguissem alcançar a comida na copa das árvores. Já as girafas que nasceram com pescoço pequeno não conseguiriam alcançar a comida e morreriam de fome ou simplesmente ficariam em desvantagem na hora de acasalar. Assim, apenas as girafas de pescoço longo conseguiriam procriar transmitindo as suas características aos seus descendentes e estes às seguintes gerações.

Aqui, ambas as teorias concordam em que as características seriam transmitidas para as gerações posteriores e gradativamente sendo aperfeiçoadas, ou seja, Lamarck não estava completamente errado, mas o seu erro foi crucial para que a sua teoria caísse por terra.

O facto é que a teoria de Lamarck caiu em descrédito e a teoria da evolução de Darwin, hoje chamada de «Teoria da Evolução Sintética» é que foi aceite como verdadeira pelos cientistas.

Neodarwinismo ou Teoria Sintética da Evolução

Actualmente, a mais aceite para explicar o processo de evolução é denominada **Neodarwinismo** ou **Teoria Sintética da Evolução**.

Esta teoria é considerada uma combinação da selecção natural darwiniana com as da genética propostas por um cientista chamado Mendel. Segundo o Neodarwinismo, a diversidade no mundo vivo tem como origem fundamental a variação genética, fruto dos processos de mutação e combinação génica.

No Neodarwinismo, os mecanismos de mutação e recombinação genética foram incorporados para explicar a existência de variabilidade entre organismos da mesma espécie. O princípio do Darwinismo não foi esquecido, já que a selecção natural actua sobre a variabilidade genética seleccionando as combinações que melhor se adaptam aos organismos.

Factores da evolução

Seleccção natural

A selecção natural foi um processo de evolução que Darwin propôs para explicar a adaptação e especialização dos seres vivos.

Darwin concluiu que os seres vivos, mesmo os da mesma espécie, apresentam variações entre si e que as populações têm tendência para crescer em progressão geométrica.

Darwin observou que o número de elementos de uma população se mantém nuns valores relativamente estáveis, embora nascessem mais crias do que as necessárias para manter o número e que em cada geração uma boa parte dos indivíduos é naturalmente eliminada porque se estabelece entre eles uma «luta pela sobrevivência», devido à competição pelo alimento, pelo refúgio e pela capacidade de fuga aos predadores.

Sobrevivem os indivíduos que estiverem mais bem adaptados, isto é, os que possuírem as características que lhes conferem qualquer vantagem em relação aos restantes. Os menos aptos ao longo do tempo serão eliminados progressivamente. Existe, pois, uma selecção natural, processo que ocorre na Natureza e pelo qual só os indivíduos mais bem dotados relativamente a determinadas condições do ambiente sobrevivem – «sobrevivência do mais apto». (Ex.1)

Os indivíduos mais bem adaptados vivem durante mais tempo e reproduzem-se mais, portanto sobrevivem para transmitir a sua carga genética à descendência e, passado um tempo, toda a população terá no seu material genético caracteres que a beneficiam. Se o tempo for suficiente podem desenvolver-se organismos diferentes daqueles que os procedem, ocorrendo uma nova espécie.

Pode, pois, considerar-se que o tempo e a reprodução diferencial das formas favorecidas em relação às menos aptas produzem mudanças nas espécies existentes, conduzindo à formação de novas espécies.

Esta teoria pode ser provada através das tartarugas das ilhas Galápagos, bem como os tentilhões; contudo esta selecção pode ser influenciada pelo Homem, o que pode ser provado através de um borboleta inglesa, a *Biston Betularia*. (Ex.1)

Exemplo 1 – Borboleta *Biston betularia*



Há 100 anos atrás, se fosse procurada a espécie de borboletas *Biston Betularia* nos bosques dos arredores de Manchester era encontrado um grande número destas, de cor clara, pousadas sobre troncos claros das árvores. Em 1848, foi observado e registado o primeiro caso de uma borboleta escura da mesma espécie. Nesta época naquela área começava a industrialização e, em consequência do grande número de fábricas, os bosques foram contaminados com fuligem e o tronco das árvores escureceu.

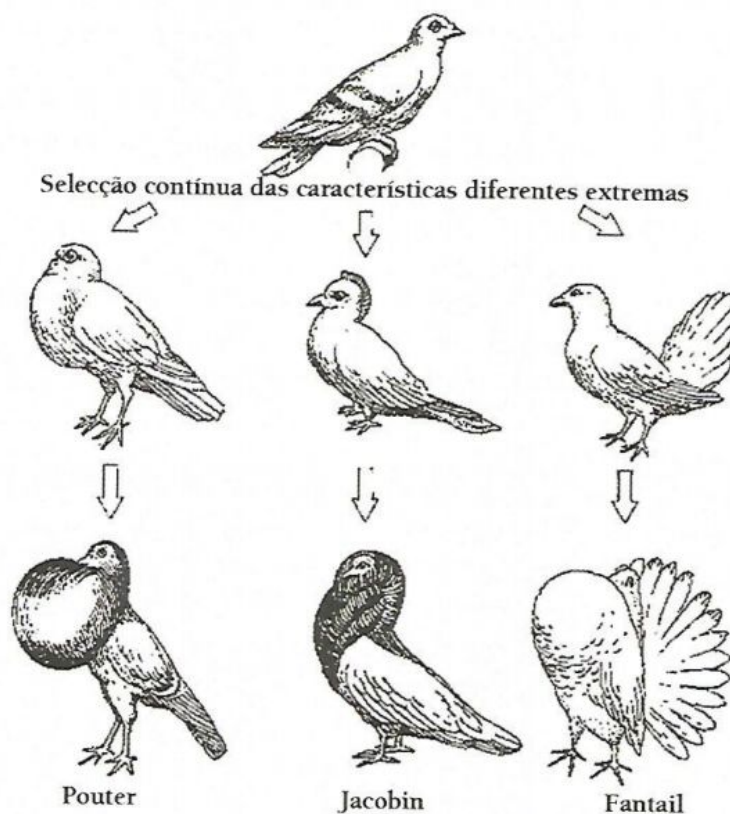
As borboletas *Biston Betularia* de cor clara confundem-se com os troncos das árvores cobertos de líquenes onde poisam, passando despercebidas aos predadores. A forma escura, pelo contrário, é facilmente detectada pelas aves que se alimentam destas borboletas.

Quando o tronco das árvores se tornou enegrecido pelo fumo resultante da poluição industrial, a borboleta mais susceptível de ser apanhada pelos predadores passou a ser a branca.

Nesta nova situação, a selecção natural tende a eliminar a forma clara e a favorecer a forma escura. A borboleta escura é agora uma forma mais apta no novo ambiente. Nas zonas não poluídas, borboletas claras continuam a ser a forma dominante.

É de ter em conta que, devido à acção do Homem, ocorreu uma evolução em cerca de 50 anos que, de outro modo, demoraria muito mais tempo. Trata-se, contudo, de uma selecção natural rápida determinada por uma modificação ambiental introduzida pela actividade humana.

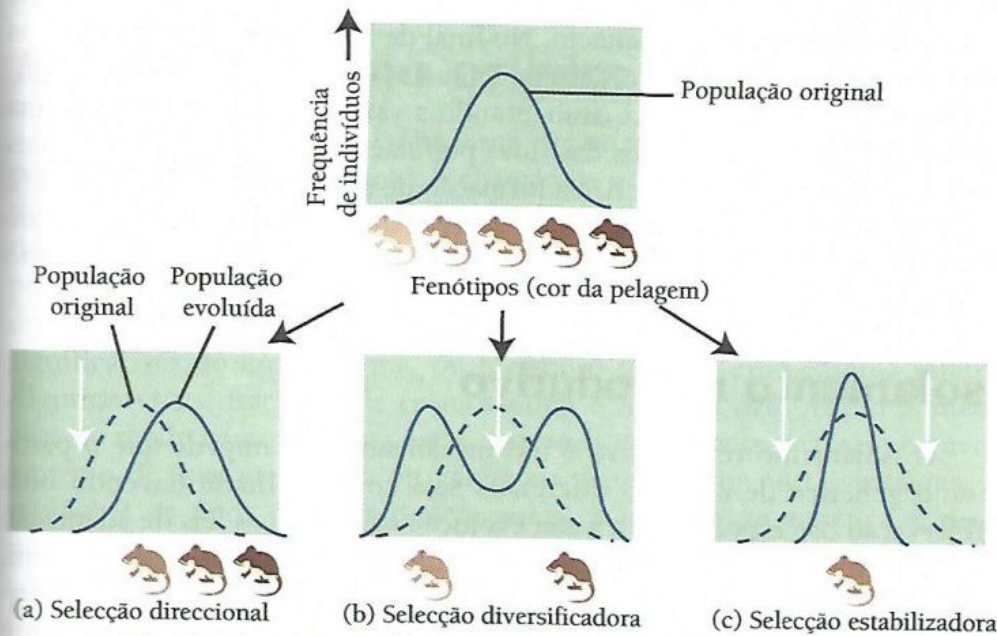
Pombos das rochas selvagens



Três espécies de pombos de luxo que evoluíram de um ancestral comum, o pombo das rochas. Assim, podem-se confirmar as ideias propostas por Darwin.

É o processo pelo qual, e de acordo com o Darwinismo, aparecem e desaparecem as espécies, relacionado com uma duração que permite que os indivíduos mais bem adaptados ao meio envolvente se desenvolvam bem. Darwin observou que o número de elementos de uma população se mantém nuns valores relativamente estáveis, embora nascessem mais crias do que as necessárias para manter o número. Também observou características diferentes entre os diferentes indivíduos de uma população, e concluiu que a doença, a competitividade e outros factores actuavam sobre a população, eliminando os indivíduos que estavam menos bem adaptados ao meio.

Só os indivíduos que sobrevivem podem transmitir a sua carga genética à descendência e, passado um tempo, toda a população terá no seu material genético caracteres que a beneficiam. Se o tempo for suficiente podem desenvolver-se organismos diferentes daqueles que os procedem, ocorrendo uma nova espécie.



A situação (a) evidencia o processo de selecção natural mais frequente, neste caso com deslocação do ponto de ajuste para os fenótipos mais escuros. Na situação (b) são privilegiadas as formas extremas de um determinado carácter, desfavorecendo a forma intermédia, inicialmente mais comum. Neste caso a pelagem de cor intermédia deixou de ser a melhor adaptação. Há situações em que a forma mais comum é favorecida em relação aos restantes fenótipos sendo eliminadas, com o tempo, as formas mais afastadas do ponto de ajuste. É o que acontece em (c).

Processo de especiação

Durante a especiação podem formar-se grupos intermediários denominados raças ou subespécies bastante diferentes, geneticamente, mas que ainda se podem reproduzir e gerar descendentes férteis. Acontece quando duas populações estão de alguma forma separadas e, portanto, a não ser em regiões restritas, não há troca de material genético entre elas.

A formação de raças é o primeiro passo para a especiação e mesmo entre raças existe variabilidade genética. Se o isolamento persistir, é provável que as diferenças continuem a desenvolver-se, até que não permitam mais a reprodução entre as duas populações. Desta forma deixamos de ter duas raças diferentes e passamos a ter duas espécies diferentes.

Tipos de isolamento

Para que se inicie o processo de especiação é preciso que os dois grupos estejam fisicamente separados um do outro, ou seja, que haja isolamento geográfico. Posteriormente, com a formação de duas novas espécies, já não há a capacidade de cruzamento entre indivíduos das duas populações, mesmo que estes estejam em contacto, ou seja, isolamento reprodutivo.

Isolamento geográfico

No isolamento geográfico as duas populações encontram-se separadas por algum tipo de barreira física. Estas barreiras podem ser de diversos tipos, como, por exemplo rios, serras, montanhas, que separam dois grupos, vales, etc. A condição é que esta barreira separe as duas populações de modo que estas percam o contacto. No final de um período de tempo, se as duas populações forem colocadas em contacto, os membros das duas populações podem cruzar entre si, aumentando a variabilidade genética de uma única espécie ou os membros das duas populações já não conseguem mais cruzar entre si, o que caracteriza a formação de duas novas espécies.

No segundo caso, o tempo que estas duas populações permaneceram isoladas uma da outra foi suficiente para que aparecesse o isolamento reprodutivo.

Isolamento reprodutivo

O isolamento reprodutivo é um mecanismo que impede que o património genético de espécies diferentes seja compartilhado havendo uma preservação das espécies para a sua evolução, seguindo as leis de adaptação ao meio ambiente. Acontece indivíduos de espécies diferentes cruzarem, mas, ainda assim, estarem isolados reprodutivamente, ou seja, normalmente espécies diferentes podem até cruzar-se, pois a diferença estrutural entre elas não o permite, noutros casos as espécies diferentes podem até cruzar-se, mas o espermatozóide não fecunda o óvulo, ou o embrião é inviável, ou pode acontecer dar-se origem a um híbrido estéril. E finalmente, pode acontecer o híbrido gerar descendentes, mas estes serão muito fracos e estéreis.

O isolamento reprodutivo pode também manifestar-se de outras formas como:

- O habitat das espécies numa determinada área, em que as populações ocupam a mesma região, mas têm habitat diferentes, por exemplo: duas populações de insectos numa floresta, uma que se alimenta e viva na copa das árvores e outra que o faz no solo. Estas duas populações estarão isoladas, e não trocarão genes entre si.
- O isolamento comportamental, pois o comportamento reprodutivo é fundamental para muitas espécies, como, por exemplo: em situações relativas a danças nupciais ou corte. Se uma população alterar, significativamente, a sua dança nupcial poderá não atrair indivíduos do sexo oposto de outra população.
- Isolamento sazonal existe quando populações diferentes ocupam a mesma área e o que difere nas populações é apenas a época de reprodução.
- Isolamento estrutural em que a fecundação se torna impossível, pois as estruturas reprodutoras entre as duas populações são muito diferentes.
- Isolamento quanto ao híbrido em que, se membros das duas populações copulam e têm isolamento reprodutivo, pode ocorrer que:

1. Os genes estão modificados a ponto de inviabilizar o híbrido; o zigoto até se forma, mas morre em seguida.
2. O híbrido forma-se e nasce, é normal em todos os aspectos, porém é infértil, não tem a capacidade de gerar descendentes.
3. O híbrido forma-se e nasce, é normal e fértil. Porém, os descendentes deste híbrido são fracos e estéreis.

Mutações como origem de variação

Vimos na unidade 2 como uma organização genética do indivíduo pode mudar espontaneamente, e chamamos a tais alterações mutações. As mutações mais simples são as que envolvem alterações de pares de nucleótidos individuais numa molécula de ADN. As alterações mais complexas podem envolver a perda ou duplicação de sequências inteiras de nucleótidos e, por vezes, a quantidade de material perdido ou ganho inclui porções significativas do cromossoma, ou mesmo o próprio cromossoma inteiro. Algumas vezes, fracturas de cromossomas e ligações dão origem a alterações no modo como os genes estão dispostos no cromossoma, sem o envolvimento de qualquer perda ou ganho de material. Por outras palavras, as mutações de tipos diversos podem alterar a informação genética e, deste modo, aumentar a variabilidade da população. A grande maioria das mutações ocorre em organismos que já estão bem adaptados ao seu ambiente, e só raramente as mutações proporcionam qualquer vantagem ao indivíduo. Pelo contrário, a maior parte tem efeitos lesivos, e muitas são letais.

Recombinação de genes

Se a mutação fornece novos genes a uma população, a recombinação como que baralha de novo os genes existentes e é um resultado vulgar da reprodução sexuada. Durante a produção de gâmetas, os cromossomas não homólogos combinam-se independentemente uns dos outros, enquanto que o *crossing over* ocorre entre membros de pares homólogos. Isto tem como consequência a produção de gâmetas com uma ampla variedade de combinações de genes. No Homem, que dispõe de 23 pares de cromossomas, há cerca de 10 milhões de combinações de cromossomas possíveis num espermatozóide ou num ovo, supondo que não ocorra o *crossing over*. Se este for tomado em consideração, o número torna-se ainda maior. Se recordarmos que cada cromossoma contém centenas de diferentes genes que, por si próprios podem existir em muitas formas alélicas diferentes, torna-se evidente que o número de combinações diferentes possíveis nos gâmetas será extremamente grande.

Prova de evolução

A evolução encontra argumentos muito fortes a seu favor no estudo comparativo dos organismos como a homologia e a analogia de certos órgãos designadamente no vestigiais, na embriologia e no estudo dos fósseis.

Existem vários tipos de dados a favor das teorias evolucionistas, e recolhidos dos mais variados ramos da ciência.

Dados da Paleontologia

Os fósseis são restos de seres vivos de épocas passadas ou qualquer vestígio deixado por eles. Os fósseis permitem que sejam feitas comparações entre seres que existiram há milhares de anos e os seres vivos actuais.

A descoberta de fósseis de espécies extintas contraria a ideia da imutabilidade das espécies.

As descobertas de fósseis de síntese ou intermédios, com características de dois grupos actuais.

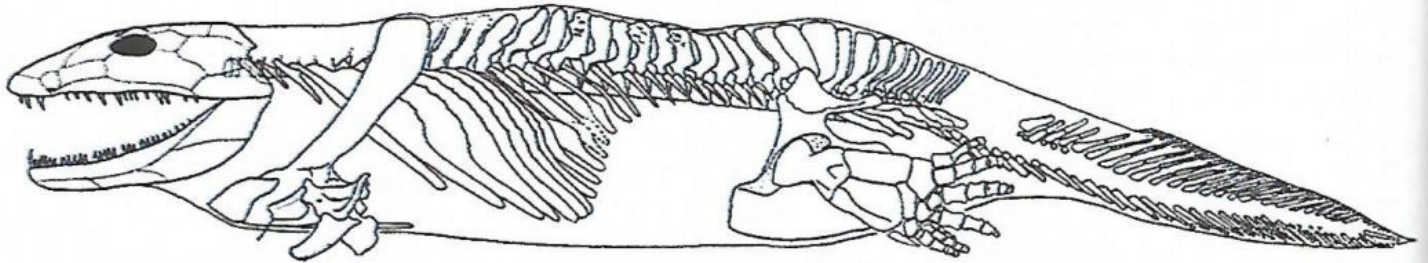
Exemplos:

Archeopterix (considerada a primeira ave, ainda apresenta escamas na cabeça, dentes, garras e cauda com ossos, apesar de já apresentar asas e penas).

Pteridospérmicas, ou os «fetos com sementes» são plantas que parecem ter sido as precursoras no surgimento das sementes.



Fóssil de *Archeopterix*, um animal com penas, mandíbula com dentes cónicos, cauda e garras nos quatro membros.



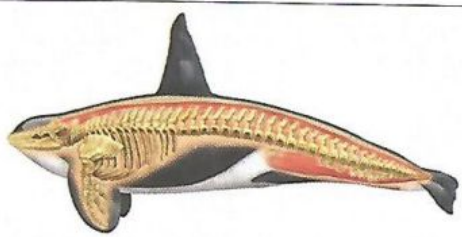

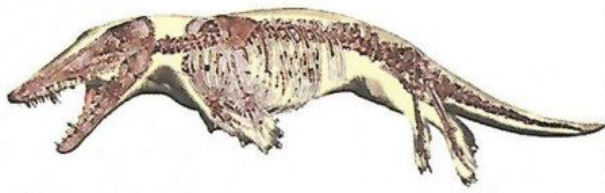
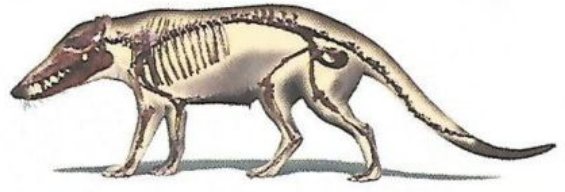
Ichthyostega, fóssil de transição entre peixe e anfíbio.

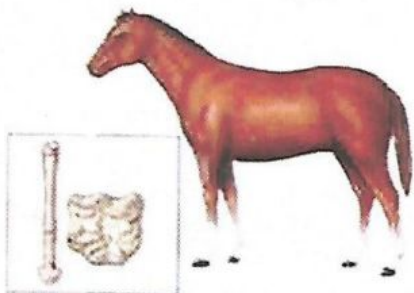
E os fósseis de transição que representam a passagem entre dois grupos actuais.

Exemplos:

Ichthyostega, considerado o primeiro anfíbio, ainda apresenta escamas e barbatana caudal mas já tem uma caixa torácica bem desenvolvida e membros pares, o que representa a passagem entre dois grupos actuais (peixes e anfíbios).

Basilosaurus, fóssil de transição dos mamíferos aquáticos, um ascendente das baleias actuais mas que ainda apresentava quatro membros desenvolvidos.

Presente	Orcas modernas	
10 m.a.		
20 m.a.	<i>Acathacetus Kasrani</i> Membros posteriores reduzidos, nadava com movimentos de cima para baixo, como as baleias modernas	
30 m.a.		
40 m.a.	<i>Ambulacetus Nathans</i> Provavelmente terrestre, deslocar-se-ia como as actuais focas	
50 m.a.		
60 m.a.	Esqueleto de um ancestral terrestre teórico	



Equus



Piohippus



Merychippus



Mesohippus



Hyracotherium

E finalmente descobertas de séries filogenéticas ou ortogenéticas, que são conjuntos de fósseis de organismos pertencentes a uma mesma linha evolutiva (geralmente géneros ou espécies), revelando uma «tendência evolutiva» constante numa dada direcção, ao longo de um prolongado período de tempo, como no caso do cavalo ou do elefante.

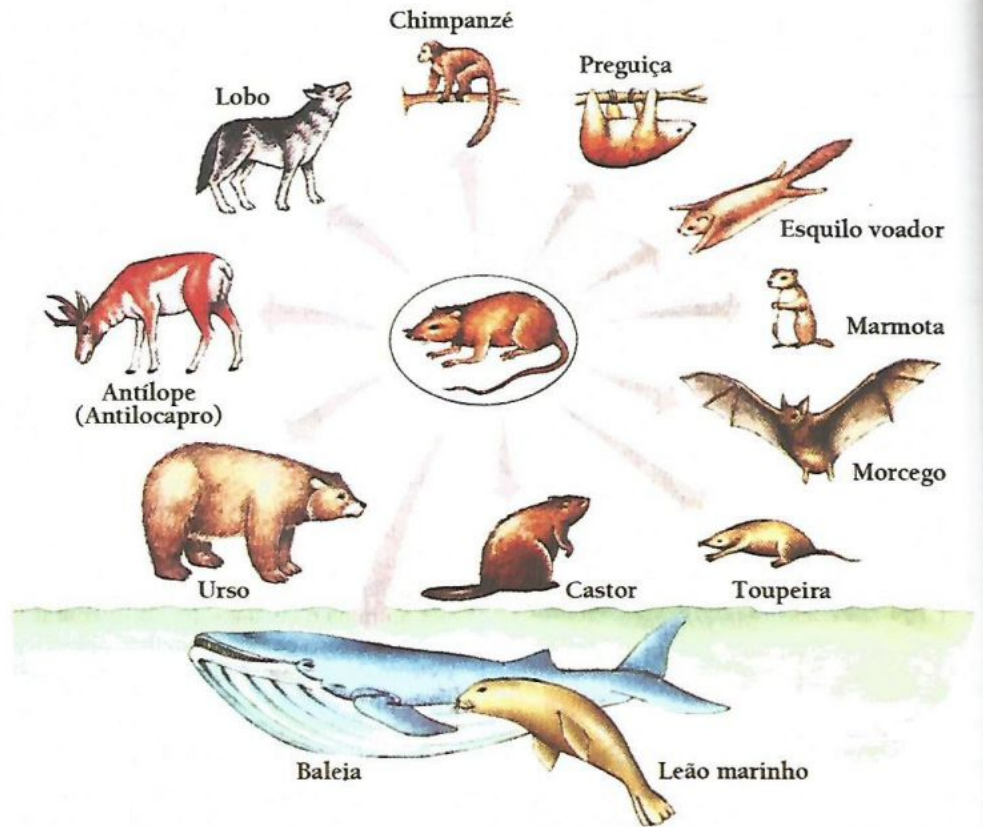
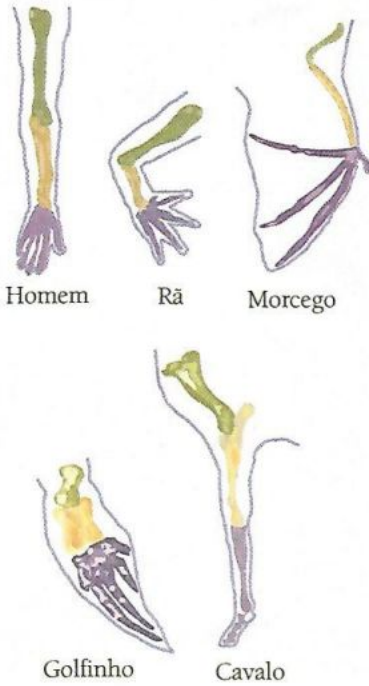
Dados anatômicos

Animais com aparências muito diferentes apresentam dados anatômicos e fisiológicos semelhantes.

Órgãos homólogos

A embriologia e a anatomia comparadas mostram que os nossos braços, as patas dianteiras dos vertebrados e as asas das aves têm a mesma origem embrionária, tal como as peças bucais dos insectos ou as folhas e pétalas das plantas. Os órgãos de espécies diferentes que têm a mesma origem embrionária, embora possam ter funções diferentes, são chamados órgãos homólogos. As diferenças entre os órgãos homólogos devem-se à adaptação a ambientes diversos.

Assim, através de um processo chamado irradiação adaptativa ou evolução divergente, as patas dianteiras dos mamíferos sofreram modificações que as adaptaram a diferentes actividades, como correr (cavalo), manipular objectos (homem), nadar (baleia), cavar (tatu) e até voar (morcego). Portanto, a presença de órgãos homólogos serve para mostrar o grau de parentesco entre diversos grupos aparentemente diferentes, servindo também como uma evidência a favor da evolução: se as espécies tivessem surgido separadamente, não haveria motivo para esperarmos semelhanças entre órgãos de funções diferentes.

















Irradiação adaptativa em mamíferos.

Órgãos análogos

A embriologia e a anatomia comparadas mostram também que as asas dos insectos e as das aves têm origem embrionária e estrutura anatómica diferente, embora desempenhem a mesma função. Trata-se, neste caso, de órgãos análogos.

Assim, o facto de aves e insectos terem asas não significa que haja parentesco entre eles. Indica apenas um fenómeno de convergência ou evolução convergente, ou seja, que dois seres não relacionados resolveram de forma semelhante os problemas de adaptação ao mesmo tipo de ambiente. Outro exemplo de convergência é dado pelo formato do corpo e outras adaptações à vida aquática de animais tão diversos como o golfinho, ictiossauro (réptil fóssil) e o tubarão.

A comparação entre a fauna australiana marsupial e a de outros continentes documenta o efeito adaptativo da selecção natural.

Nicho	Mamífero placentário	Mamífero marsupial
Escavador	Toupeira 	Toupeira Australiana 
Roedor de formigas	Papa-Formigas 	Numbat 
Roedor	Rato comum 	Rato marsupial 
Trepador	Lémur 	Cuscus 
Planador	Esquilo voador 	Falango voador 
Felinos	Lince 	Tigre da Tasmânia 
Canídeos	Lobo comum 	Lobo da Tasmânia 

Estruturas vestigiais

São estruturas pouco desenvolvidas nalguns grupos, geralmente sem função, mas noutros aparecem desenvolvidas e funcionais, revelando a existência de um parentesco evolutivo entre eles.

A presença destas estruturas vestigiais revela a acção de uma evolução no sentido regressivo, privilegiando indivíduos com estruturas cada vez menores, como os dentes em algumas espécies de baleias, dedos laterais nos cavalos, ossos das patas em cobras, etc.

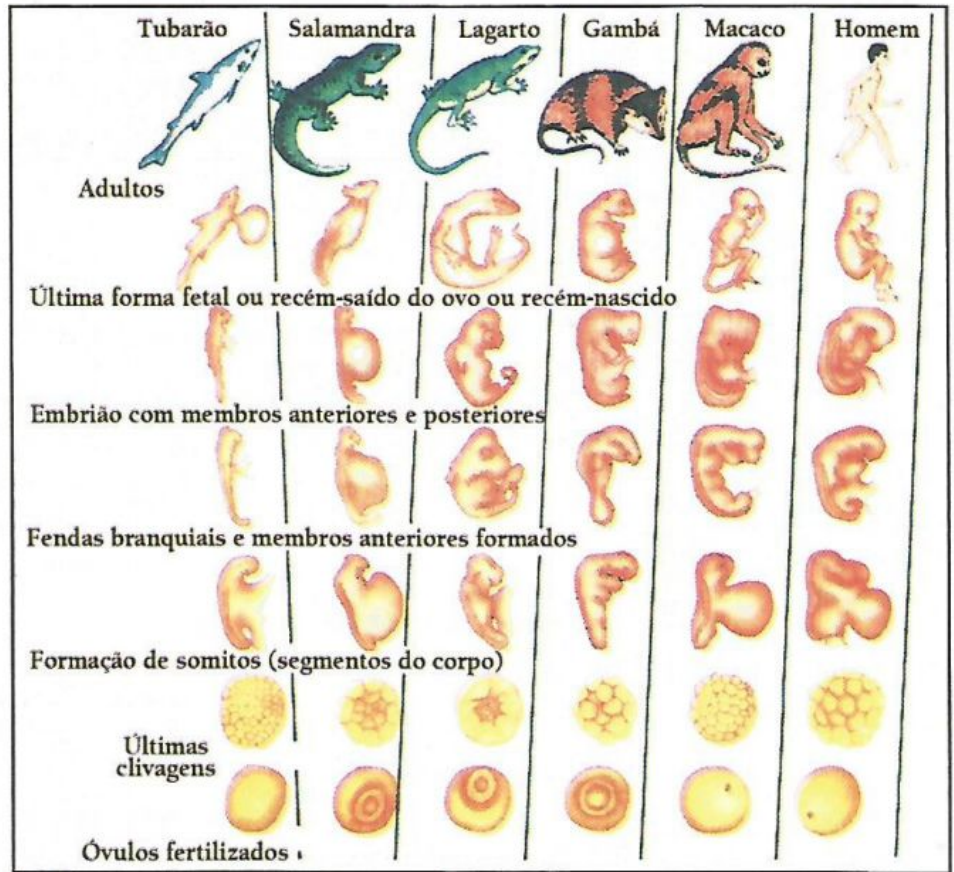


Exemplos na espécie humana

- O cóccix que é um vestígio da cauda observada noutros animais como o macaco.
- O apêndice vermiforme que é bem desenvolvido em alguns animais (coelho) e atrofiado no homem.

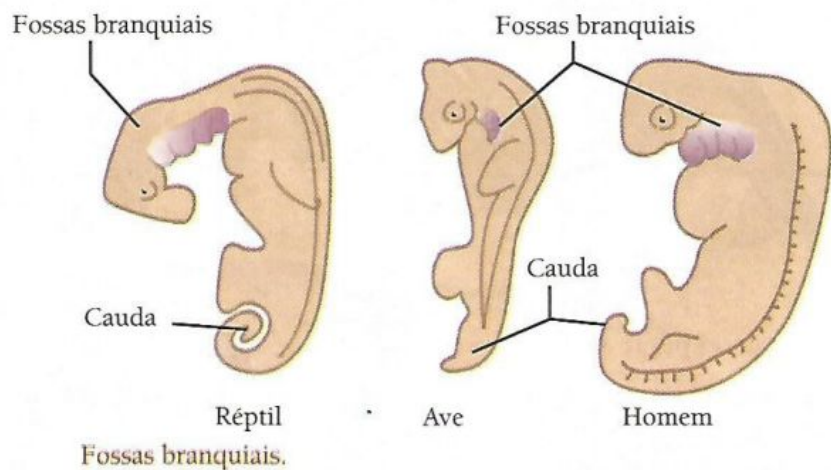
Dados embriológicos

O estudo comparado da embriologia de diversos vertebrados mostra a grande semelhança de padrão de desenvolvimento inicial. À medida que o embrião se desenvolve, surgem características individualizadas e as semelhanças diminuem. Quanto mais diferentes são os organismos, menor é o período embrionário comum entre eles.



Embriologia comparativa do peixe ao homem.

Observámos embriões de vertebrados diversos e pudemos notar a grande semelhança nos primeiros estágios de desenvolvimento.



Tendências de evolução

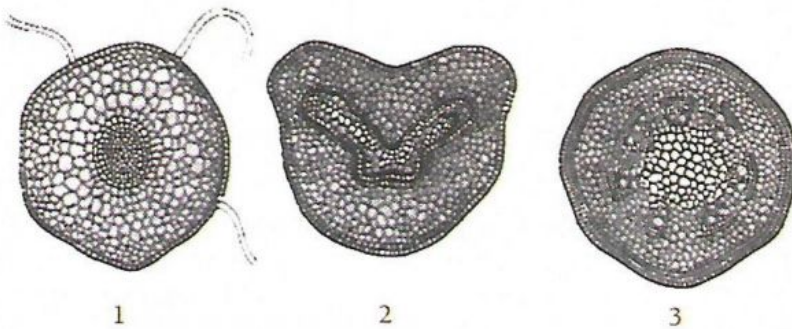
A conjugação de factores evolutivos pode provocar mudanças nas células, nos tecidos e nos órgãos durante o desenvolvimento dos seres vivos, podendo ocorrer, por exemplo, novos órgãos com novas funções.

Estas mudanças podem traduzir-se numa maior eficiência e com isso uma maior independência dos seres vivos a certas condições ambientais, dando origem assim a organismos mais desenvolvidos.

Estes processos podem dividir-se em diferenciação (células e tecidos) e centralização (tecidos).

As pteridófitas como, por exemplo, os fetos e as espermatófitas (plantas produtoras de sementes) como por exemplo a mangueira ou a papaieira, são mais desenvolvidas do que as briófitas tal é o caso do musgo. Nas briófitas há uma ausência de qualquer tecido rígido de sustentação ou tecido de suporte e não possuem um sistema especializado de vasos condutores para transportar água e outras substâncias ao longo da planta.

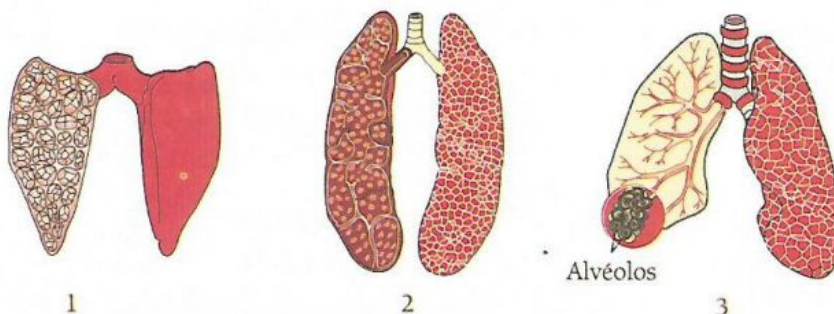
O grande sucesso biológico das traqueófitas (pteridófitas e espermatófitas) deve-se em parte à sua vascularização, ou seja, sistemas vasculares constituídos por tecidos condutores especializados e diferenciados.



Diferenciação de tecidos: 1 – briófitas, 2 – pteridófitas, 3 – espermatófitas

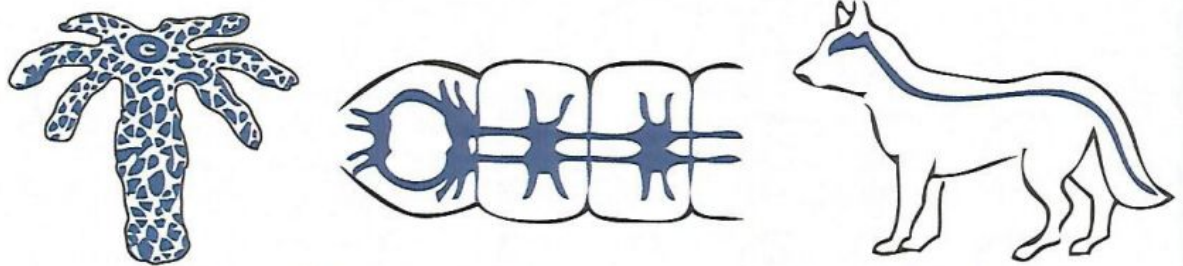
Outro exemplo de diferenciação são os diferentes tipos de pulmões nos vertebrados.

Nos anfíbios os pulmões são bolsas simples, insuficientes para um bom suprimento de oxigénio, daí os anfíbios obterem uma grande parcela de oxigénio através da respiração cutânea (através da pele). Os pulmões dos répteis são muito mais eficientes, pois já mostram uma subdivisão interna em alvéolos aumentando a sua superfície para as trocas gasosas, resultando numa melhor adaptação dos répteis à vida terrestre.



Diferentes tipos de pulmões nos vertebrados: 1 – anfíbios, 2 – répteis, 3 – mamíferos

Nos mamíferos, os pulmões são alveolares e atingem o máximo de complexidade. A superfície total é muito maior do que a superfície corporal do animal e, por isso, a quantidade de oxigénio que chega aos tecidos é proporcionalmente maior do que nos restantes vertebrados, resultando numa maior actividade metabólica e, conseqüentemente, em temperaturas do corpo mais elevadas e constantes. Por essa razão, os mamíferos são animais de temperatura constante. Nos restantes vertebrados, os pulmões, sendo pouco alveolizados, possuem pequenas superfícies para trocas gasosas e a quantidade de oxigénio que chega às células é insuficiente para manter uma intensa actividade metabólica. Os anfíbios e os répteis são animais de temperatura variável.



Centralização do sistema nervoso: 1 – sistema nervoso difuso (hidra), 2 – cadeia nervosa ganglionar (minhoca), 3 – encéfalo e medula espinal (lobo).

Uma centralização pode ter como finalidade um aumento da capacidade dos órgãos como, por exemplo, o desenvolvimento do sistema nervoso.

Durante o processo de evolução, os seres vivos tornam-se mais ajustados ao mundo que os rodeia, adaptando-se ao meio e desenvolvendo características especiais.

Exemplos: As toupeiras têm patas dianteiras fortes e largas para escavarem o solo, as membranas interdigitais das patas dos patos favorecem a natação, e a pelagem dos ursos polares é muito espessa e permite sobreviver ao frio.

Mas estas adaptações não afectam só a forma, o tamanho e a cor, também são capazes de influenciar o comportamento ou os processos fisiológicos dos seres vivos. Grandes mudanças das condições ambientais podem causar reduções que podem ser adaptações às condições específicas do meio ambiente.

As reduções não são uma regressão do desenvolvimento, os organismos mantêm o seu nível de desenvolvimento. Por exemplo, as cobras podem ter evoluído gradualmente, a partir de um antepassado réptil com pernas permitindo-lhes serpentear através da erva, ou penetrar numa fenda estreita numa rocha.

A origem do Homem

Os antropólogos e biólogos estão ainda a tentar reconstruir onde e como viviam e quais foram os nossos antepassados.

Existem muitos testemunhos fósseis e que nos proporcionam uma imagem daquilo que pode ter sido a evolução humana. Baseando-se nesses testemunhos verifica-se que os antepassados do Homem foram antropóides extintos, semelhantes a macacos. Alterações graduais em algumas destas formas provocaram uma combinação de características que se encontram nos hominídeos (primatas semelhantes ao Homem) e que faltam nos macacos.

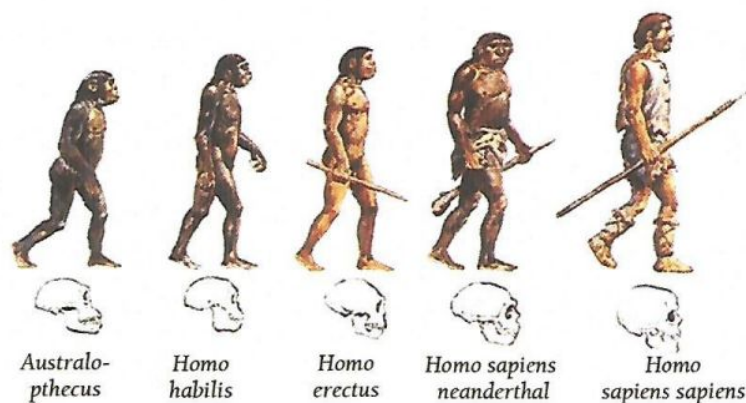
Os primatas do género *Australopithecus* são os primeiros hominídeos de que se tem conhecimento e teriam vivido na África do Sul e Oriental, entre 4 e 2 milhões de anos.

Apesar de apresentarem um volume craniano semelhante ao dos símios (500 cm^3) já tinham ou ostentavam características humanas como a dentição primitiva mas sem caninos salientes e com incisivos largos, as mãos não eram usadas para andar como nos grandes símios actuais, e bacia larga e em forma de cesto, como num ser bípede.

Mediam cerca de 120 cm de altura e pesariam entre 27 a 32 kg.

Foi o anatomista Raymond Dart, em 1924, quem primeiro descreveu uma forma de um primata superior, cujo crânio foi encontrado numa rocha, na África do Sul, ao qual deu o nome de *Australopithecus africanus*.

Em 1974, na região de Hadar, na Etiópia, foram descobertos os fósseis de quase metade de um esqueleto do mesmo indivíduo. Os ossos da bacia estavam suficientemente bem conservados para identificar o esqueleto como sendo de uma mulher, a quem chamaram «Lucy». Foi então designado *Australopithecus afarensis*. E pensa-se que foi o antepassado comum a todos os Hominídeos.



A suceder o *Australopithecus* surgiu um outro género, o *Homo*, que possuía um cérebro maior e mais semelhante ao do Homem actual.

Os primeiros fósseis do *Homo erectus* revelavam uma capacidade de cerca de 900 a 1 250 centímetros cúbicos e a posição vertical. O seu esqueleto era muito parecido com o do Homem actual bem como a sua altura, embora o córtex cerebral ainda não estivesse desenvolvido.

Foi o primeiro hominídeo a dominar o fogo, o que lhe permitiu reduzir a musculatura da mastigação na face pois a carne cozida é mais macia. O fogo permitiu, também, a expansão do seu território para zonas mais frias.

É provável que o *Homo erectus* e o *Australopithecus* tivessem coexistido durante algum tempo, porém o *Australopithecus* viria a ser extinto mais cedo.

Das populações de *Homo erectus* é que provavelmente surgiu o género humano mais primitivo que o Homem actual.

Aos géneros posteriores ao *Homo erectus* deu-se o nome de *Homo sapiens*, como por exemplo, o «Homem de Neanderthal» que viveu há mais de 10 000 anos (*Homo sapiens neanderthalensis*). O primeiro fóssil foi descoberto em 1856 no vale de Neander, próximo de Düsseldorf (Alemanha). Já apresentava uma capacidade craniana idêntica ao Homem actual e usava linguagem, dedicando-se a actividades como a caça, o trabalho da pedra e a construção de ampla variedade de utensílios. Trabalhava o osso e a madeira, tinha vida espiritual e praticava o culto aos mortos.

Os ossos do crânio são espessos, embora menos do que os do *Homo erectus*, com uma espantosa capacidade craniana de 1300 a 1750 cm³, superior à do Homem moderno. O crânio apresenta uma característica em forma de sino, baixo e com pouca testa.

As suas características tão especializadas parecem mostrar que não é um antepassado do Homem moderno, antes uma ramo colateral que se extinguiu.

O *Homo sapiens sapiens* apareceu há cerca de 40 000 anos, apresentando grande desenvolvimento mental e manifestando grandes dotes artísticos. Com o *Homo sapiens sapiens* atingiu-se o máximo da cefalização.

O Homem moderno terá surgido numa região compreendida entre a Etiópia e o próximo oriente pois existem fósseis como o do Homem da Galileia, que parecem estar na origem do tipo humano que se expandiu pelo mundo.

Lugar do Homem na Natureza

Na opinião de alguns cientistas, o chimpanzé recorda muito o driopiteco. O driopiteco é um macaco antropomorfo que, segundo Darwin, foi um dos antepassados do Homem.

Tanto o chimpanzé como o Homem possuem características semelhantes.

O encéfalo do chimpanzé acusa um grande parentesco com o do Homem. Os maiores cérebros costumam ser encontrados entre os buriatos.

A semelhança entre o Homem e o macaco não se concentra num único povo, ao contrário, todos os povos em maior ou menor grau apresentam as marcas desse parentesco hereditário.

Principais características estruturais do Homem:

- O cérebro, a mão e o pé.

Consideremos os órgãos que desempenharam um papel importante na evolução do Homem.

O cérebro, que se desenvolveu por influência do trabalho e da linguagem, a mão que se transformou em órgão de *trabalho* e o pé, que se formou por influência da posição vertical do corpo.

Segundo Pavlov, as palavras da linguagem articulada fazem parte do segundo sistema de sinais, próprio apenas do Homem.

O sector do córtex que comanda os movimentos dos dedos do chimpanzé não age inteiramente independente um do outro e com tanta precisão como no Homem.

A mão e o cérebro do Homem evoluíram debaixo do poderoso estímulo do trabalho social.

Os pés do chimpanzé têm funções importantes como auxiliar da locomoção para a marcha em terra, pular de ramo em ramo, tirando partido dos pés se assemelharem às mãos.

Características semelhantes entre o chimpanzé e o Homem

Chimpanzé	Homem
Testa deprimida.	Testa direita.
Protuberância óssea na região do nariz e das órbitas.	Grande desenvolvimento das partes externas do nariz devido às cartilagens.
Nariz pequeno, estreito, mole, baixo e esqueleto cartilaginoso pouco desenvolvido.	Mucosa exterior rosada.
Parte cutânea dos lábios muito desenvolvida.	Parte cutânea dos lábios dotada de uma abundante musculatura.
Não apresenta o sulco no lábio superior.	Apresenta sulco, que vai da entrada do nariz ao lábio.
Mandíbula carece de queixo.	Presença de um queixo.
Dentadura de 32 dentes.	Dentadura de 32 dentes.
Cérebro - 350 a 500 cm ³ .	Cérebro - 1200 a 1600 cm ³ .



Chimpanzé.

Classificação sistemática

Em 1953, Simpson classificou o Homem da seguinte maneira:

Reino: *Animalia*

Filo: *Chordata*

Subfilo: *Vertebrata*

Classe: *Mammalia*

Ordem: *Primata*

Subordem: *Antropoidea*

Superfamília: *Hominoidea*

Família: *Hominidae*

Género: *Homo*

Espécie: *Homo Sapiens*

Sub-espécie: *Homo sapiens sapiens*

Raças humanas

A humanidade actual é constituída por uma única espécie, que inclui grupos ou populações que apresentam algumas diferenças físicas e ocupam determinadas áreas geográficas. A estas variedades dá-se o nome de raças.

As diferenciações geográficas características das chamadas raças terão surgido há cerca de 30 000 anos.

Às vezes, a essas particularidades objectivas associam-se supostas características morais e psicológicas. Essa falsa premissa é utilizada para considerar algumas raças superiores e outras inferiores, justificando o domínio de uma raça sobre outra. É nisso que se apoia o **racismo**.

Todo o Homem carrega a **forma inteira da humana condição**, ou seja, raça não é mais do que a humana condição. Fora disso, como existem linhas morfológicas, estas permitem à antropologia física classificar os grandes grupos humanos como «caucasianos», «mongolóides», «australóides» e «negros».

O que existe é a **diversidade das linhas morfológicas** da «raça humana» em função da adaptação territorial e a diversidade dos modos pelos quais cada grupo humano se relaciona com o seu real, ou seja, a **diversidade das culturas**. A diferença dita étnica resulta de uma combinação de linhas morfológicas com singularidades linguísticas e culturais.

Em várias partes do mundo existe ainda a **segregação racial**, isto é, uma parte da população vive de alguma forma separada dos demais. A intolerância para sinais de diversidade como cor da pele, religião, hábitos de vida e lugar de origem continua a causar problemas para milhões de pessoas.

Devido às **características corporais externas**, a cor da pele, os cabelos, os olhos, os lábios, a estatura, os povos dos diversos países diferenciam-se uns dos outros. A soma dessas características é que distingue um indivíduo de outro. A cor da pele depende da melanina, pigmento negro que ocorre na pele, cabelo, etc.

Os cabelos distinguem-se em três tipos:

- Liso
- Ondulado
- Encarapinhado

A forma dos olhos depende da prega da pálpebra.

Existem quatro tipos de lábios:

- Delgados
- Medianos
- Grossos
- Salientes

A **estatura** é uma característica importante, porque se relaciona com os grupos antropológicos territoriais em que se divide a humanidade. A média geral masculina é de 165cm.

Existem várias classificações de tipos humanos mas geralmente existem 4 grupos básicos:

- **Caucasianos** – europeus, norte-americanos e árabes, até a Índia. Estas populações apresentam caracteristicamente pele e olhos claros, com excepção dos mediterrânicos, nariz estreito, lábios delgados e cabelo liso ou ondulado.



- **Australóides** – aborígenes e povos com eles relacionados, que apresentam pele escura, variando do tom azeitona até ao quase negro, cabelo encaracolado, olhos escuros e nariz largo.
- **Mongolóides** – pele amarelada, cabelos lisos, nariz de forma variada, rosto largo e achatado, olhos com prega epicântica na pálpebra superior (cuja função é proteger do clarão ofuscante da neve). Deste grupo terão derivado os índios americanos e os esquimós, através de populações que teriam migrado através do estreito de Behring.
- **Negros** – pele escura, variando do tom acastanhado ao quase negro, nariz achatado, cabelos e olhos escuros e cabelos crespos, sistema piloso do rosto e corpo pouco desenvolvido, largura da face pequena, nariz achatado e de abas largas, lábios grossos. O núcleo principal dessa raça situa-se no continente africano, por isso, é chamado de «Continentes Negro».

Existem duas teorias que tentam explicar estas diferenças morfológicas entre as populações humanas:

- **Hipótese policêntrica** – a formação da actual população humana efectuou-se em vários territórios relativamente independentes, onde vários tipos de *Homo erectus* teriam dado origem aos principais tipos actuais.
- **Hipótese monocêntrica** – o Homem actual terá surgido num território único, numa região algures entre a Ásia central e o nordeste africano, onde teria ocorrido o cruzamento de numerosos hominídeos, entre eles o *H. erectus* e *H. sapiens*, o que teria enriquecido o seu património genético. Só posteriormente se teriam formado as várias populações geográficas que originaram os tipos.

As diferenças na cor de olhos e da pele, da estatura, de peso etc., têm sido consideradas como adaptações do organismo humano aos diferentes valores de intensidade luminosa, temperatura, entre outros factores que caracterizam o mundo ao longo da sua evolução.

Actualmente, sabe-se que a cor da pele, por exemplo, um dos critérios mais importantes na classificação das raças humanas, resulta apenas da quantidade variável de melanina na pele (quanto mais melanina mais escura é a pele), ou seja, é uma variação não em termos de qualidade mas sim de quantidade.

As raças humanas **assemelham-se** muito umas às outras pelo aspecto físico. Cada uma delas caracteriza-se por um conjunto de traços morfológicos e fisiológicos, que se modificam, com a hereditariedade. Cada ser humano possui características individuais; a soma dessas características é que distingue um indivíduo do outro, ou uma raça da outra.

Na **evolução da humanidade**, o papel fundamental atribui-se aos factores sociais; além disso, as raças misturam-se com muita facilidade, e isso deu origem à evolução do Homem.

Ao adoptarem a mesma língua e ao desenvolverem costumes e tradições semelhantes, os diferentes grupos humanos que se encontraram em Moçambique deram origem ao povo moçambicano ou **etnia**.

Exercícios propostos

15. Os princípios a seguir relacionados referem-se à teoria da evolução das espécies.
- | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------|
| I. Adaptação ao meio. | II. Seleção natural . | III. Mutação. |
| IV. Lei do uso e desuso. | V. Herança dos caracteres adquiridos | |
- Lamarck, em sua teoria, considerou
- | | | |
|-----------------|------------------|---------------|
| A. I, II e III. | B. II, III e IV. | C. I, IV e V. |
| D. II, IV e V. | E. II, III e V. | |
16. Em relação à evolução biológica, observe as afirmações abaixo:
- A girafa evoluiu de ancestrais de pescoço curto, o qual se desenvolveu gradativamente pelo esforço do animal para alcançar as folhas das árvores mais altas.
 - Os ancestrais da girafa apresentavam pescoço de comprimentos variáveis. Após várias gerações, o grupo mostrou um aumento no número de indivíduos com pescoço mais comprido, devido à seleção natural.
 - Os indivíduos mais adaptados deixam um número maior de descendentes em relação aos não-adaptados.
 - As características que se desenvolvem pelo uso são transmitidas de geração em geração.
- Assinale:
- Se I, II e III estiverem de acordo com Lamarck e IV com Darwin;
 - Se I e III estiverem de acordo com Lamarck e II e IV com Darwin.
 - Se I e IV estiverem de acordo com Lamarck e II e III com Darwin;
 - Se I, II, III e IV estiverem de acordo com Lamarck;
 - Se I, II, I II e IV estiverem de acordo com Darwin.
17. «De tanto comer vegetais, o intestino dos herbívoros aos poucos foi ficando longo.» Essa frase está de acordo com qual destas teorias?
- | | | |
|------------------|----------------|-----------------|
| A. Darwinismo | B. Mendelismo | C. Mutacionismo |
| D. Neodarwinismo | E. Lamarckismo | |
18. O principal ponto positivo do Darwinismo foi:
- A descoberta das mutações.
 - O estabelecimento da lei do uso e do desuso.
 - A descoberta da origem das variações.
 - O conceito de seleção natural.
 - A determinação da imutabilidade das espécies.
19. A lei do uso e desuso e a transmissão das características adquiridas caracterizam o:
- | | | |
|-----------------|------------------|----------------|
| A. Lamarckismo. | B. Criacionismo. | C. Darwinismo. |
| D. Fixismo. | E. Mendelismo. | |
20. Dos postulados abaixo, qual deles está mais diretamente relacionado com Charles Darwin?
- As características adquiridas pelo uso são transmitidas de geração em geração.
 - Um órgão ou uma outra estrutura qualquer desenvolve-se quando o meio externo impõe tal necessidade.
 - A evolução resulta de modificações nos genes dos indivíduos, que por sua vez serão transmitidas aos seus descendentes.
 - A mutação é uma alteração na sequência de bases do DNA.
 - Através da seleção natural, as espécies serão representadas por indivíduos cada vez mais adaptados.

21. São mecanismos responsáveis pelo aumento da variabilidade genética dos organismos:
- A. A mutação, a selecção natural e a partenogénese.
 - B. A mutação, a autogamia e a recombinação génica.
 - C. A mutação, a segregação independente dos cromossomas e a recombinação génica.
 - D. A selecção natural, a segregação independente dos cromossomas e a autogamia.
 - E. A selecção natural, a recombinação génica e a partenogénese.
22. «A ciência admite como verdadeiro o processo de evolução e considera responsáveis pela mesma as mutações e a selecção natural».
- O texto refere-se à teoria denominada:
- A. Mutacionismo.
 - B. Darwinismo.
 - C. Lamarckismo.
 - D. Neodarwinismo.
 - E. Fixismo.
23. «Quanto maior for a variabilidade genética de uma população, maior será a capacidade de ela se adaptar às adversidades do meio.»
- Essa afirmação é:
- A. Falsa, porque a variabilidade tem valor individual e não populacional.
 - B. Verdadeira, pois maior variabilidade genética indica maior capacidade de resposta às mudanças ambientais
 - C. Falsa, porque é o meio que determinará no indivíduo as mudanças genéticas necessárias e apropriadas ao momento.
 - D. Verdadeira, porque corresponde aos preceitos elaborados por Lamarck na teoria de uso e desuso.
 - E. Questionável, pois não há evidências seguras do real valor da variabilidade genética.
24. Considere as afirmações:
- I. O ambiente selecciona os organismos mais adaptados às suas condições.
 - II. As modificações sofridas pelos órgãos durante a vida do organismo são transmitidas aos descendentes.
 - III. As fontes responsáveis pela grande variabilidade entre os indivíduos da mesma espécie são: mutação e recombinação.
 - IV. Quanto mais um órgão é usado, mais ele se desenvolve.
- O neodarwinismo aceita apenas:
- A. I.
 - B. I e II
 - C. I e III.
 - D. II e IV.
 - E. III e IV.
25. O neodarwinismo admite como principais factores evolutivos de uma espécie:
- A. Imutabilidade e herança dos caracteres adquiridos.
 - B. Uso e desuso dos órgãos, selecção natural e herança dos caracteres adquiridos.
 - C. Selecção natural, conservação da espécie e reprodução.
 - D. Mutação, recombinação génica e selecção natural.
 - E. Adaptação, eliminação dos menos aptos, e uso e desuso dos órgãos.
26. A teoria sintética (ou actual) da evolução admite que:
- I. As alterações provocadas pelo ambiente nas características físicas de um organismo adulto são transmitidas aos seus descendentes.
 - II. Os indivíduos de uma mesma espécie são diferentes entre si.
 - III. A mutação é um factor evolutivo.
- Observando as afirmações acima, assinale:
- A. Se apenas I e II estiverem correctas.
 - B. Se apenas I e III estiverem correctas.
 - C. Se apenas II e III estiverem correctas.
 - D. Se apenas I estiver correcta.
 - E. Se apenas II estiver correcta.
27. Um dos factores responsáveis pela variabilidade genética entre os indivíduos é a recombinação génica. Esse fenómeno só ocorre em seres que apresentam:
- A. Reprodução assexuada.
 - B. Reprodução sexuada.
 - C. Reprodução com fecundação interna.
 - D. Mutações.
 - E. Variação no número de cromossomas.

Exercícios propostos

28. Os factos abaixo estão relacionados como processo de formação de duas espécies a partir de uma ancestral:
- Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
 - Estabelecimento de isolamento reprodutivo.
 - Aparecimento de barreira geográfica.
- Qual é a sequência em que os factos acima acontecem na formação das duas espécies?
 - Que mecanismos são responsáveis pelas diferenças genéticas entre as populações?
 - Qual é a importância do isolamento reprodutivo no processo de especiação?
29. Infecção hospitalar é um facto que vem preocupando seriamente o Sistema de Saúde. As bactérias responsáveis pelas infecções são resistentes a um grande número de antibióticos. Essa resistência é consequência do facto de que as bactérias:
- Fazem mutações para se adaptarem aos antibióticos, transmitindo esta mutação aos seus descendentes.
 - Sofrem selecção devido à ampla utilização de antibióticos gerando linhagens resistentes.
 - Fazem mutações para se adaptarem aos antibióticos, embora sejam incapazes de transmitir esta mutação aos seus descendentes.
 - Modificam o seu metabolismo para neutralizar o efeito dos antibióticos usados nos hospitais.
 - Sofrem mutações contínuas, que as tornam cada vez mais patogénicas.
30. «É bem possível que até 2015 a medicina ainda não tenha encontrado a cura para o SIDA. As facilidades de mutação do HIV tornam inocuos os esforços no campo dos medicamentos convencionais.» O factor evolutivo presente no texto é encontrado no:
- Fixismo e darwinismo
 - Fixismo e lamarckismo
 - Lamarckismo e darwinismo
 - Darwinismo e mutacionismo
 - Mutacionismo e neodarwinismo
31. Na criação de gado bovino é comum observar-se que alguns antibióticos de uso contínuo se tornam ineficientes após algum tempo. Utilizando os seus conhecimentos de evolução, qual a razão mais provável para esse facto?
- O antibiótico actuou como agente mutagénico fazendo com que surgissem bactérias resistentes.
 - Apareceram espontaneamente bactérias resistentes a antibióticos.
 - Ocorreram cruzamentos entre bactérias de espécies diferentes.
 - O antibiótico actuou como agente selectivo possibilitando apenas a reprodução de bactérias com certo nível de resistência.
 - O ambiente alterou a constituição genética das bactérias.
32. Relacione os fenómenos enumerados com os algarismos árabes 1, 2, 3 e 4 às definições ou aos conceitos expressos nas afirmações de I a IV.
- | | |
|---------------|----------------|
| 1: Evolução. | 2: Mutação. |
| 3: Adaptação. | 4: Especiação. |
- Modificações nas frequências génicas das populações através do tempo, orientadas pela selecção natural.
 - Modificação ao acaso nos genes ou cromossomas, acarretando variação genética.
 - Modificações de estruturas e funções num grupo, que favorecem a sua sobrevivência.
 - Determinada pelo isolamento reprodutivo, que pode ter como causa o isolamento geográfico.
- A alternativa correcta é:
- I-4; II-2; III-3; IV-1.
 - I-3; II-1; III-2; IV-4.
 - I-2; II-3; III-4; IV-1.
 - I-1; II-2; III-3; IV-4.
 - I-1; II-3; III-4; IV-2.

Boleescência

A. Arrumando

Quelimame

2016

Introdução ao estudo da ecologia

A palavra **ecologia** tem origem no grego «oikos», que significa casa, e «logos», estudo e foi criada em 1866 pelo biólogo alemão Ernest Haeckel.

É o estudo das interações dos seres vivos entre si e com o meio ambiente, *que não inclui só factores abióticos* (meio físico-químico) como também factores bióticos e os outros seres vivos.

A ecologia é o estudo das populações, das comunidades, dos ecossistemas e da biosfera em geral.

Em resumo, é o estudo de como os organismos actuam reciprocamente com os componentes vivos e não vivos do seu ambiente.

Conceitos básicos de ecologia

Espécie

Uma espécie é um conjunto de indivíduos semelhantes entre si e capazes de se reproduzirem naturalmente e originarem descendentes férteis e de ambos os sexos, estando isolados reprodutivamente de outras espécies.

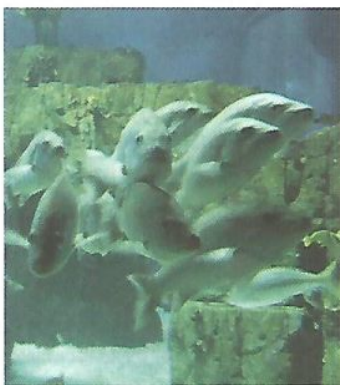
População

Uma população é um grupo de organismos pertencentes a um mesmo grupo taxonómico, geralmente uma espécie, e ocupa um determinado espaço numa determinada altura. A densidade e a dimensão da população podem aumentar ou diminuir, conforme as taxas de natalidade e de mortalidade e a quantidade de indivíduos que imigram para ou emigram da população. As populações sofrem, normalmente, flutuações de dimensão e densidade, devido a influências regulares do ambiente. Ocasionalmente, ocorrem alterações no ambiente que proporcionam um crescimento rápido e incontrolado da população.

Na Natureza, tais erupções são sempre seguidas por acentuados declínios na dimensão e densidade, chamadas quebras.

Comunidade

As populações coexistem nas comunidades. Dentro duma comunidade, cada espécie ocupa um nicho distinto. Um **nicho** é o papel singular que cada espécie desempenha na utilização do ambiente para se alimentar e abrigar e ainda para aproveitar os materiais necessários à sobrevivência e reprodução. As comunidades desenvolvem-se segundo linhas específicas determinadas pelas características físicas do ambiente. A sucessão começa com a invasão de um novo habitat por formas pioneiras, para serem gradualmente substituídas por formas mais novas, à medida que as primeiras alteram o ambiente. Finalmente, é constituída uma comunidade clímax permanente que se mantém indefinidamente. As comunidades clímax de aspecto e estrutura análogas formam grupos maiores, chamados **biomas**.



Cardume.



O nicho ecológico é o modo de vida de cada espécie.

Uma
dada sup
Uma
que viver
junto de
espécies

Habitat

É um
animal o

Ecoss

Um
não vivo
ciclo. Os
Os produ
consumi
tem nova



Produção

Biosf

O co
fera (a es
10 a 20 r
de adapta

Uma comunidade é formada pelos organismos que ocorrem numa dada superfície (ou volume) arbitrariamente delimitada.

Uma comunidade é um grupo de populações de diferentes espécies que vivem no mesmo ecossistema. Cada população tem o seu próprio conjunto de necessidades vitais, e as diferenças entre elas permitem a muitas espécies diferentes coexistirem no mesmo ecossistema.

Habitat

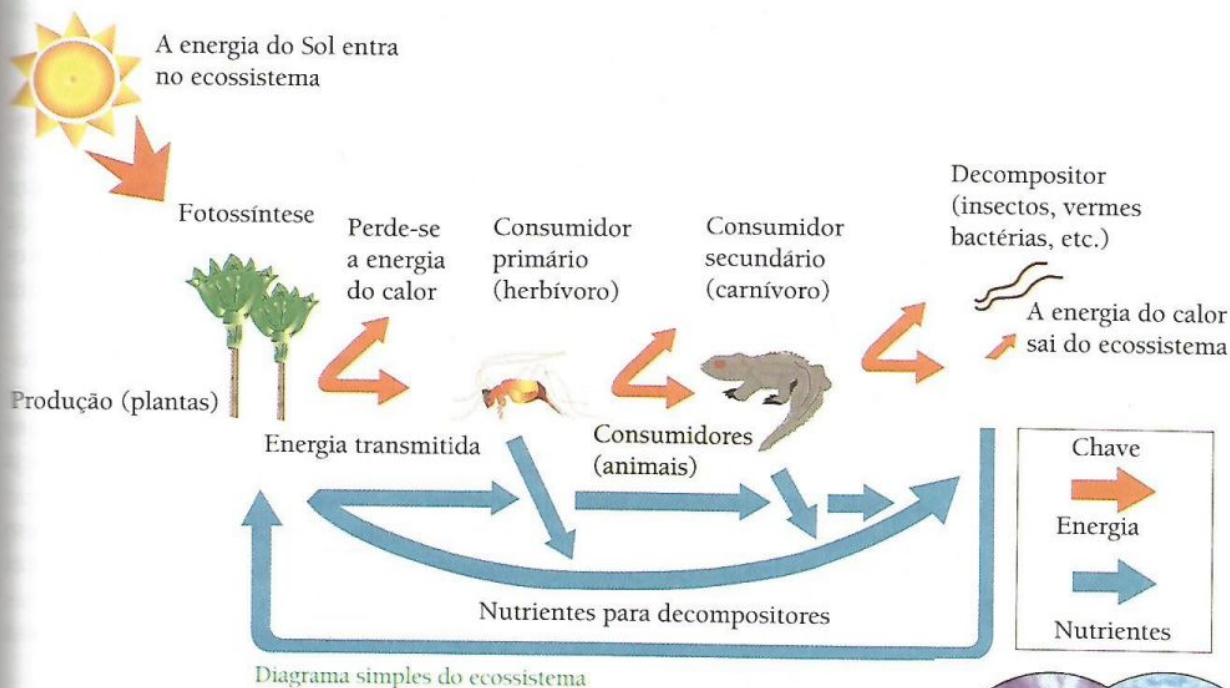
É uma área biológica ou ambiental que é habitada por determinado animal ou planta.



Habitat do Panda.

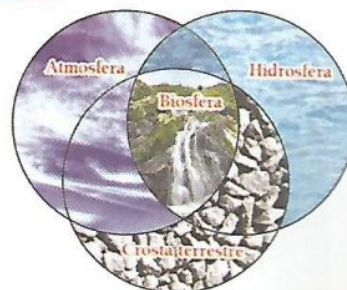
Ecossistema

Um ecossistema é um conjunto localizado de componentes vivos e não vivos, através do qual se transmite energia e a matéria passa por um ciclo. Os elementos vivos actuam como **produtores**, ou **desintegradores**. Os produtores convertem a energia da luz do Sol em energia química, os consumidores alimentam-se dos produtores e os desintegradores convertem novamente os produtores e os consumidores em matéria inorgânica.



Biosfera

O conjunto de todos os ecossistemas do planeta é conhecido por biosfera (a esfera da vida). É esta biosfera que é necessário preservar; existem 10 a 20 milhões de espécies de seres vivos que apresentam uma diversidade de adaptações a condições ambientais muito distintas.



Biosfera: o conjunto de todos os ecossistemas do planeta.

Importância do estudo da ecologia

A ecologia pode estudar:

- A influência do clima sobre todos os organismos da floresta.
- A influência das florestas neotropicais sobre o clima.
- A influência da acção do ser humano sobre o clima de todo o planeta.

A ecologia é um campo de estudo muito amplo. E todas essas informações ajudam-nos a melhorar o ambiente em que vivemos, diminuindo a poluição, conservando os recursos naturais e protegendo a nossa saúde e a das gerações futuras.

Ecosistema

Tipos de ecossistema

Hoje em dia, o interesse pela ecologia traduz-se, na verdade, pelo interesse que o Homem tem no seu ecossistema.

Interessamo-nos por problemas tão diversos como a qualidade do ar que respiramos e a água que bebemos, a utilização inteligente das nossas reservas de energia, os efeitos das nossas actividades sobre os nossos organismos, e até pelas dimensões da população humana que no fundo são a origem da maioria destes problemas.

Como já referimos, um ecossistema é qualquer conjunto de organismos vivos e de substâncias não vivas no qual existe uma troca contínua de materiais e de energia. Embora barreiras geográficas possam separar um ecossistema do outro, não há limites de dimensões fixas em termos de números de organismos, área, ou quantidades de matéria e de energia presentes. Os ecossistemas podem variar desde um aquário em casa até um oceano inteiro.

Todos os ecossistemas mantêm um equilíbrio dinâmico, evoluindo constantemente, mas tão devagar que geralmente não se pode observar as alterações. A maior parte da matéria no sistema é continuamente reciclada e as perdas de energia são compensadas pela energia adquirida do meio, quer seja do Sol, quer seja de uma lâmpada de aquário.

Existem ecossistemas grandes e pequenos, naturais ou artificiais, com limites nítidos ou indefinidos, ocupando pequenos locais ou grandes áreas geográficas.

O maior dos ecossistemas, que ocupa toda a superfície terrestre, é a Biosfera.

Composição de um ecossistema

Factores abióticos

As características físicas de um ecossistema desempenham um papel importante quanto à determinação de espécies de organismos que aí vivem. Estas características incluem a temperatura, a luz, a humidade e o teor mineral. As temperaturas extremas limitam as espécies que ocorrem numa

dada área de duração das condições do

A água e explica as diferenças entre os

Apenas os vivos de se afectam o ambiente mesmo que as físicas

Os factores que influenciam o clima são a composição

Factor

Luz Os animais de de rea

Influência Para to, activi

Qual a sensibilidade dela e diz

- Di
- No

Um enquanto fotoperío

O fototambém penugem

luz vai de exemplo: castanha

Biol dos oceanos apropriad

Praticamente excepção cavernícola

idade, des Cert

da intensidade contrário muita luz

em cada área. A intensidade e a quantidade da luz são também relevantes, e a duração do dia é particularmente importante na regulação de muitas actividades do organismo.

A água e os minerais disponíveis variam de um ecossistema para outro e explicam as grandes diferenças entre os organismos que existem em diferentes ecossistemas.

Apesar de considerarmos separadamente os componentes vivos e não vivos de um ecossistema, na realidade eles são componentes integrados que se afectam mutuamente. Factores climáticos e outros de natureza física do ambiente limitam naturalmente o crescimento de populações mas, ao mesmo tempo, estes organismos exercem certa influência nas características físicas do ecossistema.

Os diferentes factores abióticos podem agrupar-se em dois grupos: os factores climáticos, como a luz, a temperatura e a humidade, que caracterizam o clima de uma região e os factores edáficos, dos quais se destacam a composição química e a estrutura do solo.

Factores climáticos

Luz

Os animais e as plantas apresentam fotoperiodismo, isto é, a capacidade de reagir à duração da luminosidade diária a que estão submetidos.

Influência da luz sobre os animais

Para os animais, a luz manifesta-se essencialmente no comportamento, actividade e reprodução.

Quanto à actividade, os animais apresentam fototactismo, ou seja, sensibilidade em relação à luz, pelo que se orientam para ela ou se afastam dela e dizem-se:

- **Diurnos** – se a sua actividade ocorre mais durante o dia.
- **Nocturnos** – se estão mais activos durante a noite.

Um aumento do fotoperíodo leva à migração das aves para o Norte, enquanto que o movimento para Sul é determinado pela diminuição do fotoperíodo. As andorinhas passam o Inverno no Pólo Sul.

O fotoperíodo influencia os ciclos reprodutivos de vários animais e também condiciona a mudança de cor da pelagem dos mamíferos e da penugem das aves. À medida que aumenta a profundidade dos oceanos, a luz vai diminuindo, até que nos fundos marinhos a escuridão é total. Por exemplo: arminho e o raposa do Ártico. A lebre do Ártico tem pelagem castanha no Verão e branca no Inverno.

Bioluminescência – devido à escuridão existente nas profundidades dos oceanos, alguns animais são capazes de emitir luz através de órgãos apropriados.

Praticamente todos os animais necessitam de luz para sobreviver, com excepção de algumas espécies que vivem em cavernas, chamadas espécies cavernícolas e as espécies que vivem no meio aquático, a grande profundidade, designados espécies abissais.

Certos animais, como, por exemplo, as borboletas, necessitam de elevada intensidade luminosa, e são portanto chamados de espécies lucifilas, ao contrário de seres como o caracol e a minhoca, que não necessitam de muita luz, evitando-a, pelo que são denominados espécies lucifugas.

Fotoperíodo: período de luz em cada 24 horas do dia



Andorinha.



Raposa do Ártico.



Lebre do Ártico.



Borboleta.



Fetos.



Musgos.

Influência da luz sobre as plantas

Tal como os animais, as plantas também se orientam em relação à luz, ou seja, apresentam **fototropismo**.

A luz é um dos factores abióticos que mais influencia o desenvolvimento e a distribuição das plantas. A vida das plantas verdes, sejam terrestres ou aquáticas, depende directamente da luz. Sem luz a sua existência não seria possível, pois não poderiam realizar a fotossíntese. Em locais onde a luz não penetra, como grutas ou fundo dos lagos e oceanos, não existem plantas.

Apesar de todas as plantas necessitarem de luz, as suas necessidades variam de espécie para espécie. Por exemplo, os fetos e os musgos não suportam a luz intensa, vivem em zonas sombrias e húmidas – plantas de sombra ou **umbrófilas** –, enquanto que os cactos e o girassol se desenvolvem melhor submetidos a uma forte luminosidade – plantas de sol ou **heliófilas**.



Cacto.



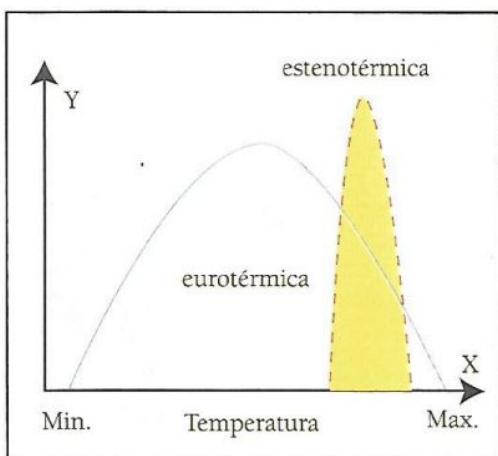
Girassol.

Temperatura

A temperatura está directamente relacionada com a intensidade luminosa, e é outro factor que também tem influência nos seres vivos.

A maioria das espécies consegue viver entre 10 °C e 40 °C de temperatura, mas algumas conseguem sobreviver a temperaturas muito altas ou muito baixas. Por exemplo, os camelos suportam temperaturas de 50 °C e os pinguins e focas conseguem viver em temperaturas de -60 °C.

Todas as espécies de seres vivos suportam variações de temperatura, dentro de certos limites. A estes limites dá-se o nome de **amplitude térmica**. Algumas espécies, como por exemplo o pardal comum, o lobo ou o próprio Homem suportam grandes amplitudes térmicas e por isso são chamadas de **euritérmicos** ao contrário de outras espécies, como o peixe-borboleta, que vive nos mares tropicais e muitas espécies de lagartixas que suportam pequenas amplitudes térmicas e, por isso, são chamados de **estenotérmicos**.



Influ

As
temper

Ex

• P

t

Na

mento a

resce e

morre, l

minam

exemplo

• P

te

Isto

tubércul

rável ma

• P

ar

É ex

enquanto

é uma ár

folhas ca

vitais, qu

O co

frutificaç

tores pos

também p

época nor

Influê

É co

mais de s

corporal

tanto são

nos quais

da temper



African grey

Animais hor

Influência da temperatura nas plantas

As plantas também possuem adaptações que lhes permitem resistir às temperaturas desfavoráveis.

Existem plantas anuais, bienais e vivazes ou perenes.

- **Plantas anuais** – não conseguem suportar o frio deixando as sementes para germinar no ano seguinte.

Nas plantas que se desenvolvem a partir de sementes, o seu ressurgimento anual faz parte dum ciclo: durante a estação favorável, a planta floresce e frutifica mas, com a chegada da estação desfavorável, a planta morre, libertando as sementes que, com a chegada da estação favorável, germinam e originam uma nova planta que irá completar o ciclo, como, por exemplo, o feijoeiro.

- **Plantas bienais** – perdem a sua parte aérea mas mantêm a parte subterrânea.

Isto é possível porque a parte subterrânea da planta (rizomas, bolbos, tubérculos ou raízes tuberculosas) não morreu. Durante o período desfavorável mantém-se num estado de dormência, como, por exemplo, o lírio.

- **Plantas vivazes ou perenes** – mantêm a sua estrutura ao longo do ano apesar de algumas serem de folha caduca.

É exemplo o pinheiro que mantém as suas folhas durante todo o ano enquanto a acácia perde totalmente as suas folhas na estação fria e por isso é uma árvore de **folha caduca**, interrompendo o seu desenvolvimento. As folhas caem porque, para sobreviver, a planta reduz as suas actividades vitais, que se mantêm, no mínimo, até a temperatura ser favorável.

O conhecimento das temperaturas adequadas à **germinação, floração e frutificação** de diferentes espécies vegetais é essencial para que os agricultores possam fazer as sementeiras na época propícia. Este conhecimento também pode ser utilizado para a produção de espécies vegetais fora da sua época normal, o que é possível em **estufas**.



Feijoeiro – Planta anual.



Lírio – Planta bienal.



Pinheiro bravo – Planta vivaz.

Influência da temperatura nos animais

É comum usar-se as expressões «animais de sangue quente» ou «animais de sangue frio» para distinguir os animais que mantêm a temperatura corporal constante, apesar das variações da temperatura ambiental e portanto são chamados de animais **homeotérmicos**, ao contrário dos animais nos quais a temperatura do corpo é variável, acompanhando as variações da temperatura do ambiente – animais **poiquilotérmicos**.



African grey.

Animais homeotérmicos.



Golfinhos.



Koalas.

No primeiro grupo, temos os mamíferos e as aves e, no segundo, os restantes animais.

Cada espécie está adaptada às condições térmicas do seu habitat. Em alguns casos, esta adaptação só é possível porque as espécies adquiriram características ou comportamentos que lhes permitem resistir a temperaturas ambientais que se afastam da sua temperatura óptima.

Quando a temperatura do ambiente se aproxima do limite de tolerância máxima ou mínima das espécies, estas podem reagir de diferentes modos: podem migrar, entrar em letargia ou desenvolver adaptações morfológicas.

Existem, por exemplo, os chamados movimentos migratórios, ou **migrações**, muito característicos das aves, de alguns peixes e insectos, e de mamíferos com grande capacidade de deslocação. Estes animais, em vez de resistirem ao período do ano em que a temperatura não lhes é favorável, deslocam-se todos os anos para outras zonas com temperaturas mais favoráveis.

Outros animais sobrevivem a temperaturas adversas entrando em estado de letargia. Durante a letargia, os organismos utilizam as reservas de gordura acumuladas durante o Verão ou o Inverno, permanecendo completamente imóveis e mantendo as funções vitais (respiração e circulação) numa intensidade mínima para gastarem pouca energia. O estado de letargia pode durar algumas semanas ou vários meses, conforme as espécies.

As cobras, os lagartos, as rãs, os esquilos, os morcegos e os ursos sobrevivem às temperaturas baixas do Inverno entrando em hibernação. Escolhem um local (um buraco numa árvore ou numa rocha, uma gruta ou enterram-se no solo) e aí permanecem imobilizados e enrolados sobre si próprios, durante todo o Inverno. Outros animais, como por exemplo os crocodilos ou os caracóis, não suportam as temperaturas elevadas do Verão e também entram em letargia; por ser em época quente dá-se o nome de estivação.

Não suportam temperaturas altas e entram em estivação.



Crocodilo.



Caracol.



Esquilo.



Cobra.



Rã.

Hibernam em temperaturas muito baixas.



Morcego.

Pa
veis, h
individ
verifica
corpu
te reter
urso po
sob a p
Ou
tamanh
menos
perdas
Um
teis por



Crocodilo

Água

Tod
ção, em
do corpo
sição 90°
Rela
• H
po



Nenúfares.
Organismos

Para além destes dois modos de sobreviver a temperaturas desfavoráveis, há que acrescentar as modificações morfológicas. Se compararmos indivíduos da mesma espécie que vivem em diferentes zonas do planeta, verifica-se que os que vivem em locais muito frios, geralmente são mais corpulentos, pois possuem uma espessa camada de gordura que lhes permite reter mais calor e, além disso, a pelagem também é mais abundante. O urso polar, a foca e o pinguim possuem uma espessa camada de gordura sob a pele, que dificulta as perdas de calor para o exterior.

Outra característica directamente relacionada com a temperatura é o tamanho das extremidades do corpo (focinho, orelhas e cauda), que são menos desenvolvidas nos animais que vivem em zonas frias, para reduzir as perdas de calor para o meio.

Um exemplo de adaptação ao calor é o revestimento do corpo dos répteis por escamas.



Crocodilo.



Urso polar.



Foca.



Pinguim.

Água

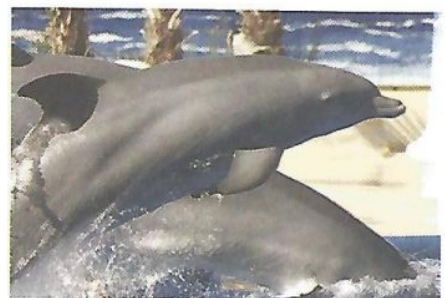
Todos os seres vivos necessitam de água; esta entra na sua composição, em maior ou menor quantidade, conforme as espécies. Cerca de 60% do corpo humano é composto por água e alguns cactos têm na sua composição 90% de água.

Relativamente às necessidades de água, os organismos classificam-se em:

- **Hidrófilos** – seres vivos que vivem permanentemente na água, como por exemplo peixes, golfinhos, algas e nenúfares.

Nenúfares.
Organismos hidrófilos.

Algas.



Golfinhos.

- **Higrófilos** – seres vivos que só sobrevivem em ambientes muito húmidos e têm uma grande dependência de água; por isso, vivem perto dela, como, por exemplo, o arroz, o musgo, as rãs, os caranguejos, os crocodilos, os castores, os hipopótamos e as minhocas.



Planta do arroz.



Minhoca.

Organismos higrófilos.

- **Mesófilos** – seres vivos que necessitam de água, sem depender sempre dela, como, por exemplo, o Homem, o cão, o gato, a galinha...



Gato.



Leopardo.



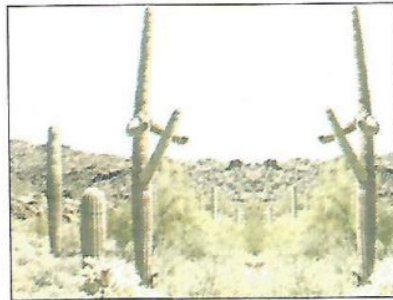
Galinha.

Organismos mesófilos.

- **Xerófilos** – seres vivos que conseguem sobreviver longos períodos sem água, como por exemplo, os camelos, os cactos, etc.



Camelo.



Cactos.



Lagarto do deserto.

Organismos xerófilos.

Tratando-se a água de um factor indispensável à vida, as plantas e os animais que vivem em zonas onde esta não abunda tiveram de criar diversas adaptações.

Adap

cia é
quan

transf
transp
profu
algum

Adap

A

alimen
água c
água,

C

podem

água a

seguen

damen

O

ral qua

escorp

A

calor e

M

onde a

A

não po

portam

de gnu

Facto

Co

O

dos, apr

O

veis às p

de um s

rentes lo

Os

• E

tu

so

• E

so

Adaptações das plantas à falta de água

Os cactos, por exemplo, são abundantes no deserto e a sua sobrevivência é devida às adaptações que lhes permitem aproveitar o máximo de água quando chove e geri-la durante longos períodos de seca.

Armazenam no seu caule grandes quantidades de água e têm as folhas transformadas em espinhos, permitindo-lhes reduzir as perdas de água por transpiração. As suas raízes estendem-se por uma grande área e a pequena profundidade, para aproveitarem ao máximo a pouca água da chuva ou alguma humidade que se forme durante a noite.

Adaptações dos animais à falta de água

A grande maioria dos animais do deserto não bebe água, obtém-na dos alimentos que ingere e possui adaptações que lhe permitem economizar água como a transpiração reduzida ao mínimo e excreções contendo pouca água, tais são os exemplos do rato e do canguru.

Os camelos e os dromedários estão adaptados à secura do deserto podendo passar dois meses sem beber água, devido à capacidade de obter água a partir de gordura armazenada nas suas bossas e, ainda, porque conseguem ingerir de uma só vez grandes quantidades de água, repondo rapidamente as suas reservas.

Os artrópodes ou répteis do deserto possuem um revestimento corporal quase impermeável que impede a perda de água, como, por exemplo, o escorpião.

As lebres e as raposas têm as orelhas muito grandes para irradiarem calor e baixarem a temperatura corporal.

Muitos animais, durante as horas mais quentes, refugiam-se em tocas onde a humidade é maior, saindo apenas quando a temperatura baixa.

A migração é outra alternativa para espécies que necessitem de água e não possuem adaptações que lhes permitam suportar a sua falta. Este comportamento é frequente nas savanas, onde se podem ver grandes manadas de gnus ou de zebras que partem em busca de água.

Factores edáficos

Composição química e estrutura do solo

O solo apresenta diferentes camadas de aspecto e composição variados, aproximadamente paralelos à superfície, designadas **horizontes**.

O húmus e os detritos minerais originam os sais minerais indispensáveis às plantas, e a quantidade e a qualidade de sais minerais constituintes de um solo influencia, principalmente, a distribuição dos vegetais por diferentes locais do seu meio.

Os solos podem ter dois tipos gerais de estrutura:

- **Estrutura compacta:** solos formados por partículas unidas, constituindo agregados mais ou menos consistentes, como, por exemplo, solos argilosos.
- **Estrutura desagregada:** solos formados por partículas relativamente soltas umas das outras, como, por exemplo, solos arenosos.

Curiosidade

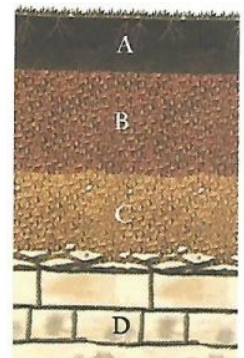
Os camelos armazenam a água por todo o corpo, em particular na corrente sanguínea. Podem passar uma semana sem beber e quando o voltam a fazer, podem ingerir até 200 litros de água de uma só vez. Um camelo pode perder até 40% do seu peso antes de ficar desidratado.



Escorpião.



Rato Canguru.



Solo argiloso.



Solo arenoso.

Os solos de estrutura desagregada apresentam espaços entre as partículas, chamadas poros e que podem estar **preenchidos** com água e ar.

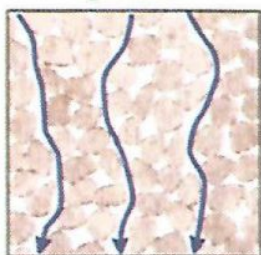
Estes solos podem apresentar diferente porosidade, consoante o número e tamanho dos poros, com capacidade de reter água e ar.

A estrutura do solo influencia, principalmente, a distribuição dos seres vivos.

A maior parte das plantas desenvolve-se com dificuldade em solos muito compactos, pouco permeáveis e com pequena quantidade de gases. Exemplo: musgos.

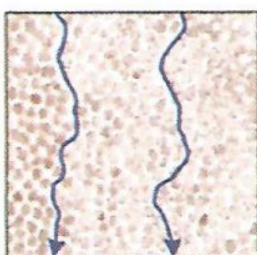
Os animais adaptam-se de diferentes modos à estrutura do solo. Uns, como o lingueirão, deslocam-se nos solos móveis, enquanto outros, como a fola, se fixam nos solos compactos.

Sedimento bem calibrado (grosseiro)



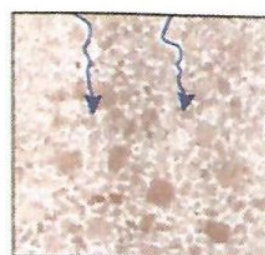
A água atravessa o sedimento rapidamente.

Sedimento bem calibrado (fino)

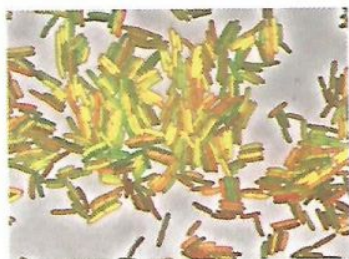


A água atravessa o sedimento lentamente.

Sedimento mal calibrado



A água fica bloqueada.



Colônia de bactérias da espécie *E. Coli*.

Factores bióticos

Os herbívoros comem plantas, os carnívoros comem animais, e os omnívoros comem ambos. Há relações especializadas que incluem parasitismo, comensalismo e mutualismo. No parasitismo, um hospedeiro padece da actividade de outros organismos que vivem à sua custa. No comensalismo, o hospedeiro não é afectado pela relação. No mutualismo, duas espécies diferentes de organismos beneficiam da sua relação uma com a outra. Além das inter-relações entre organismos de diferentes espécies, membros da mesma espécie também competem uns com os outros pelo alimento, abrigo e reprodução.

Como consequência destas interações, cada um dos seres vivos envolvidos pode ser beneficiado, prejudicado, ou simplesmente ficar indiferente, isto é, não ser afectado por outros seres vivos.

Quando indivíduos da mesma espécie se relacionam dá-se o nome de **relações intra-específicas** e quando a relação é entre espécies diferentes dá-se o nome de **relações inter-específicas**.

Nas relações intra-específicas temos a cooperação (colónias, sociedades), a competição e o canibalismo, enquanto nas relações inter-específicas temos a predação, o parasitismo, o comensalismo, a cooperação, a simbiose ou mutualismo, a antibiose, o neutralismo e também a competição.

As relações mais frequentes nos seres vivos da mesma espécie são a cooperação e a competição.

Embora muitos animais levem uma vida solitária, há períodos em que surge a necessidade de se associarem com uma finalidade que beneficia ambos, tendo por base motivos relacionados com a reprodução, a protecção contra o frio ou os inimigos e a procura de alimento.



Alcateia, exemplo de sociedade.



Manada de bufalos.

Relações intra-específicas

Cooperação

Relação em que os indivíduos contribuem para o benefício do grupo.

Os indivíduos da mesma espécie podem agrupar-se em colônias, que são agrupamentos não hierarquizados, ou sociedades, que são agrupamentos hierarquizados.

As **colônias** são agrupamentos temporários ou permanentes sem qualquer organização de tarefas ou funções. Por exemplo, os búfalos ou as zebras reúnem-se em manadas a fim de se defenderem mais facilmente dos seus predadores; os pinguins e leões-marinhos agrupam-se para se reproduzirem, se defenderem dos inimigos e para se protegerem do frio; os corais são organismos marinhos sem capacidade de locomoção, que vivem sempre em colônias para se defenderem e poderem se reproduzir.

As **sociedades** são grupos mais ou menos organizados, em que os seus elementos têm funções específicas. O exemplo de sociedade que conhecemos melhor é o Homem, porém, existem outros exemplos. Os lobos, embora possam viver isolados, de um modo geral vivem em grupos denominados alcateias com cerca de 10 elementos. Fazem parte da alcateia um macho, que é o chefe, uma fêmea, outros machos e as crias com idade inferior a 2 anos. Todos os lobos cooperam na caça e partilham o alimento.

Algumas espécies de abelhas vivem em sociedades muito bem organizadas, e dividem-se em três classes sociais, designadas castas: obreiras, zangões e a rainha. Cada uma das castas tem uma função específica. Na colmeia existe apenas uma rainha, cuja única função é pôr ovos; as obreiras constituem a casta mais numerosa, são fêmeas estéreis que possuem diferentes funções. Ao longo da vida de uma obreira, as suas funções variam de acordo com a idade: cuidam da manutenção da colmeia, alimentam as larvas, cuidam da limpeza da colmeia, produzem mel, armazenam pólen e protegem a colmeia da entrada de inimigos, enquanto outras fazem a recolha do néctar e do pólen das flores. Os zangões têm apenas a função de reprodução, não trabalham e voam em volta da colmeia, esperando a oportunidade para fecundar a rainha.

Competição

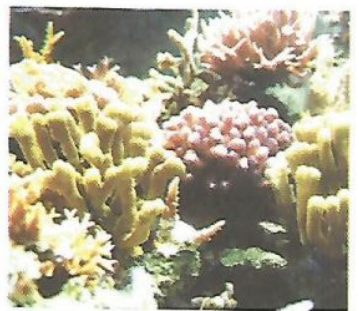
É a relação em que os indivíduos actuam para garantir a sobrevivência individual e não contribuem para o bem comum. Geralmente, ocorre quando os recursos são escassos.

São vários os motivos pelos quais os organismos da mesma espécie podem competir: território, fêmeas e alimento no caso dos animais e água, luz e sais minerais no caso das plantas.

Neste tipo de relação, todos os organismos são prejudicados, pelo menos momentaneamente, mas o organismo vencedor acaba por sair beneficiado; por exemplo, na época da reprodução, as lebres do Ártico recorrem à luta, utilizando as patas dianteiras.



Colônia – Leões marinhos.



Colônia – Corais.



Sociedade – Abelhas.



Lebres do Ártico.

Os veados travam lutas com os rivais na defesa do território; grupos de abutres disputam restos de carcaças de animais.



As árvores da borracha competem entre si pela luz e pelos nutrientes. Assim, as que ficam na periferia crescem melhor do que as que ficam no meio.



Árvore da borracha.

Canibalismo

O canibalismo é uma relação em que um indivíduo mata e se alimenta de outro da mesma espécie. Consequentemente, o primeiro será beneficiado e o segundo o prejudicado. Esta relação não é muito frequente mas, por exemplo, ocorre com crocodilos e peixes, em que os adultos comem as crias. São também conhecidos os casos do louva-a-deus e de aranhas, em que as fêmeas se alimentam dos machos após o acasalamento.

Por vezes, em situações extremas de falta de alimento, alguns animais, como por exemplo os ratos, comem as crias ou os indivíduos doentes da população a que pertencem.



Viúva negra.



Louva-a-deus.

Relações inter-específicas

Predação

Todos os seres vivos têm de se alimentar e enquanto as plantas são capazes de produzir o seu próprio alimento, os animais e algumas plantas carnívoras têm de se alimentar de outros seres vivos, estabelecendo entre si uma relação alimentar a que se dá o nome de **predação**. Assim, temos uma espécie que é beneficiada – predador – e outra que é prejudicada – presa.

A pre
predador
mais e pla

A pre
para a por
fáceis de
dos organ

Há, n

Char

seu própri
por isso ca

Tanto
melhor so

de ataque

plos de ó

ras e os b

Com

ças, as cor

Mimet

O m

duas espé

duas espé

dadores.

actuar com

se mais fa

Parasit

O par

causar a s

corpo do h

Tamb

judicada –

As ba

são endop

mosquitos

Outra

envolvidas

Comen

O cor

beneficiado

Esta r

e plantas. V

res, sem a

desenvolve

A predação é uma relação ocasional, limitada ao momento em que o predador come a presa. A predação pode ocorrer entre animais e entre animais e plantas.

A predação é sempre prejudicial à presa, podendo porém ser benéfica para a população no caso das presas doentes ou enfraquecidas que são mais fáceis de capturar pelos predadores, fazendo com que a população se livre dos organismos que podem propagar doenças à restante população.

Há, no entanto, também plantas predadoras.

Chamadas de plantas carnívoras, embora sendo capazes de produzir o seu próprio alimento, existem geralmente em solos pobres em sais minerais, e por isso capturam insectos ou outros animais como complemento alimentar.

Tanto os predadores como as presas possuem características para uma melhor sobrevivência. Enquanto os primeiros desenvolvem características de ataque, os segundos desenvolvem características de defesa. São exemplos de órgãos de ataque os dentes aguçados dos animais carnívoros, as garras e os bicos das aves.

Como exemplos de características de defesa, podemos referir as carapaças, as conchas, os espinhos, a emissão de substâncias tóxicas e o mimetismo.

Mimetismo

O **mimetismo** caracteriza-se por semelhanças na forma ou cor entre duas espécies. A espécie inofensiva assemelha-se na forma ou cor entre duas espécies ou assemelha-se à espécie perigosa para enganar os seus predadores. A camuflagem, pelo contrário, é uma característica que pode actuar como defesa e como ataque, ou seja, permite ao predador aproximar-se mais facilmente da presa e permite à presa ocultar-se mais facilmente.

Parasitismo

O **parasitismo** é uma relação em que um ser vive à custa de outro, sem causar a sua morte a curto prazo. O parasita pode viver no interior do corpo do hospedeiro – **endoparasita** – ou à sua superfície – **ectoparasita**.

Também aqui uma espécie é beneficiada – o parasita – e a outra é prejudicada – o hospedeiro.

As bactérias, os vírus e alguns vermes como as lombrigas e as ténias são endoparasitas, enquanto as pulgas, as carraças, as sanguessugas e os mosquitos são ectoparasitas.

Outras relações trazem benefícios, pelo menos a uma das espécies envolvidas, sem que a outra seja prejudicada.

Comensalismo

O **comensalismo** é uma relação em que apenas um dos organismos é beneficiado – comensal, ficando o outro indiferente – hospedeiro.

Esta relação pode ocorrer entre animais, entre plantas e entre animais e plantas. Vejamos alguns exemplos: as orquídeas vivem no tronco de árvores, sem as beneficiar ou prejudicar, obtendo, assim, mais luz para se desenvolverem.



Planta insectívora.



Borboleta mimetiza uma folha seca para passar despercebida a predadores.



Lombriga é um endoparasita.



Carraça é um ectoparasita.



Orquídeas fixas num tronco.



Um tubarão com uma rémora na parte superior.

A rémora é um peixe de pequenas dimensões com uma ventosa na região da cabeça que lhe permite fixar-se a outros animais de maior porte, como o tubarão, a raia ou a tartaruga. Deste modo, beneficia do transporte a longas distâncias e dos restos de alimentos do seu hospedeiro.

A **simbiose** ou **mutualismo** também é uma relação que beneficia as duas espécies, mas é obrigatória, ou seja, é indispensável para a sobrevivência de ambas as espécies, de modo que estas só podem existir se estiverem juntas.

Como exemplo desta relação, podemos referir o que se passa com as leguminosas, como a ervilha, o feijoeiro ou o amendoim. Nas raízes destas plantas existem nódulos (pequenas dilatações) onde vivem determinadas bactérias cuja função é captar azoto existente na atmosfera, para que as plantas o possam utilizar na produção do seu alimento. Em troca, estas bactérias vão utilizar os alimentos produzidos pela planta.

Outro exemplo são os líquenes, que existem no tronco de árvores, em muros ou em rochas. Estes são constituídos pela união de uma alga e de um fungo. O fungo fornece a água e os sais minerais necessários para a alga produzir o alimento e também a protege da seca.

Algumas árvores, como os pinheiros, têm raízes envolvidas pelos filamentos de um fungo. Estas árvores desenvolvem-se melhor nesta situação porque os filamentos do fungo se espalham pelo solo, aumentando a superfície de absorção das raízes para absorver maior quantidade de água e sais minerais; por sua vez, o fungo absorve das raízes o alimento de que necessita para viver.

Dentro das relações inter-específicas existe ainda a competição que, tal como já referimos anteriormente, consiste na luta por algo, sendo prejudicial a ambas as espécies. Geralmente, esta relação tem como consequência a eliminação da espécie mais fraca, com menor capacidade de competição.

Os motivos que levam à competição variam conforme ela se estabelece entre plantas ou entre animais. No primeiro caso, as espécies podem lutar por espaço, luz, água ou tipo de solo. Entre animais, os motivos da competição podem ser o território, o alimento, a liderança ou outros factores.

No **amensalismo** ou **antibiose**, um organismo produz substâncias que não deixam a outra desenvolver-se. Fungos produzem antibióticos que destroem bactérias (espécie amensal).

Ex: Na **Maré Vermelha**: em certas condições climáticas e ambientais, algas podem produzir toxinas que serão concentradas por peixes e mariscos que se alimentam do fito plâncton.

- Ex.: o fungo do género *Penicilium* produz uma substância – penicilina – que inibe o desenvolvimento de algumas bactérias.

Neutralismo

No **neutralismo**, as espécies envolvidas ficam indiferentes à presença umas das outras.

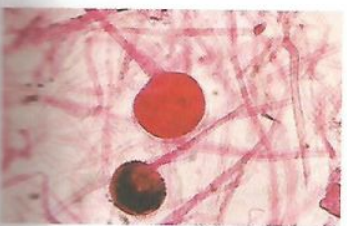
É o que sucede, por exemplo, com os herbívoros da savana que se alimentam de plantas diferentes, como sucede com as zebras, as girafas e os elefantes.



Zebras e gnus a pastarem juntos.



Líquenes num tronco.



Fungo do género *Penicilium*.



Dinoflagelado que causa a morte a peixes e mariscos formando as marés vermelhas.

Suces

Alteras
tes da accã
ção destes t

Substrato
aberto

Classifi

Quanto

- Suces
cos im
- Suces
extern



Incêndios.

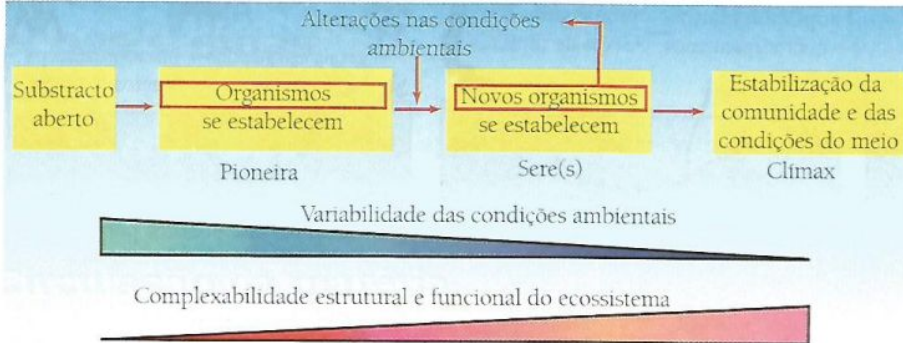
Quanto a

- Sucess
organis
fundas

- Sucessã
ocupado
ria orgã
desmata

Sucessão ecológica

Alterações graduais, ordenadas e progressivas no ecossistema, resultantes da acção contínua dos factores ambientais sobre os organismos e da reacção destes últimos sobre o ambiente.



Classificação dos processos sucessionais:

Quanto às forças que direccionam o processo:

- **Sucessão autogénica:** mudanças ocasionadas por processos biológicos internos ao sistema.
- **Sucessão alogénica:** direccionamento das mudanças por forças externas ao sistema (incêndios, tempestades e processos geológicos).



Incêndios.



Relâmpagos.

Quanto à natureza do substrato na origem do processo:

- **Sucessão primária:** em substratos não previamente ocupados por organismos. Ex.: afloramentos rochosos, exposição de camadas profundas de solo, depósitos de areia, lava vulcânica recém-solidificada.

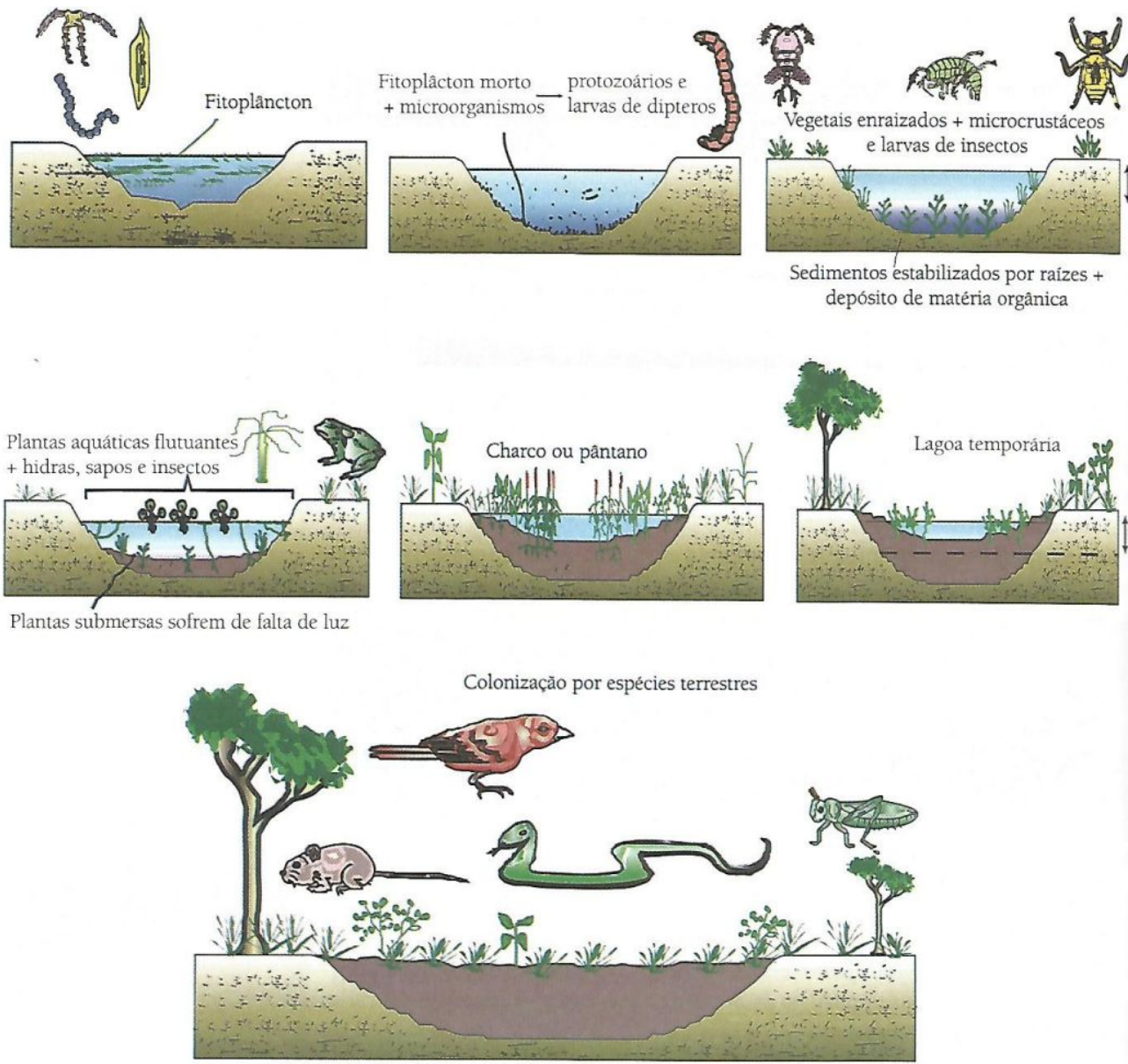


Lava vulcânica.

- **Sucessão secundária:** em substratos que já foram anteriormente ocupados por uma comunidade e, conseqüentemente, contêm matéria orgânica viva ou morta (detritos, propágulos). Ex: clareiras, áreas desmatadas, fundos expostos de corpos de água.

Exemplo hipotético de uma sucessão primária

Substrato original: depressão em superfície rochosa preenchida pela água da chuva.



A última etapa de uma sucessão ecológica é a comunidade clímax, que é caracterizada por:

- Maior estabilidade.
- Maior biodiversidade.
- Maior quantidade de matéria orgânica.

Pro
eco

Circ
eco

A
process
que um
tem um

Circ

As
lação pu
a regul
energia
partir d
gênio q

As
de outro
irá cons
na prese
do dióx

Atr
cadeias
das de s
assim, a

A p
trófico.

O n
tróficos

Na
e algas r
cos as ci

Ao
substânc
forma de

Cer
gia das r
miossint

Alg
junto dos

Processos comuns dentro de um ecossistema

Circulação de matéria e fluxo nos ecossistemas

A circulação de materiais e o fluxo de energia, apesar de serem dois processos distintos um do outro, apresentam uma forte ligação, uma vez que uma boa parte da circulação dos materiais e da «passagem» da energia tem um veículo comum – a alimentação.

Circulação da matéria

As actividades realizadas pelos seres vivos como, por exemplo, a ventilação pulmonar, o crescimento, a reprodução, a alimentação, a locomoção e a regulação da temperatura dos animais homeotérmicos necessitam de energia (energia química). Os animais obtêm a energia de que necessitam a partir dos alimentos que consomem (outros animais ou plantas) e do oxigénio que retiram do ar.

As plantas verdes são seres vivos que não necessitam de se alimentar de outros seres vivos, pois são capazes de fabricar a matéria orgânica que irá constituir o seu corpo. Este processo, chamado fotossíntese, é realizado na presença da luz, a partir da água com substâncias minerais dissolvidas e do dióxido de carbono, sendo libertado oxigénio.

Através das relações alimentares, os seres vivos ficam ligados em cadeias – as cadeias alimentares. Estas são, portanto, sequências organizadas de seres que se alimentam sucessivamente uns dos outros, permitindo, assim, a passagem dos materiais e da energia sob a forma de alimentos.

A posição que cada ser vivo ocupa na cadeia alimentar chama-se nível trófico.

O **nível trófico** que suporta todos os outros é constituído pelos **autotróficos** ou **produtores**.

Na sua maioria são **fotossintéticos**: plantas nos ecossistemas terrestres e algas nos ecossistemas aquáticos. São também **autotróficos fotossintéticos** as cianobactérias.

Ao realizarem a fotossíntese produzem, a partir de substâncias minerais, substâncias orgânicas nas quais fica armazenada a energia luminosa sob a forma de energia química. Representam, nos ecossistemas, o 1.º nível trófico.

Certas bactérias utilizam na produção de substâncias orgânicas a energia das reacções químicas que provocam. São seres vivos **autotróficos quimiosintéticos**.

Algumas destas bactérias quimiosintéticas vivem nos fundos oceânicos, junto dos riftes, fazendo parte de ecossistemas marinhos característicos.



Algas – 1.º nível trófico.



Bactérias quimiosintéticas.

Todos os outros seres vivos do ecossistema são seres **heterotróficos** ou **consumidores**. Alimentam-se directa ou indirectamente dos produtores: os herbívoros que se alimentam de plantas ou de algas são **consumidores primários** ou de 1.^a ordem. Representam o 2.^o nível trófico, por exemplo, ovelha, cabra, boi, coelho, esquilo, zebra ...



Coelho.



Esquilo.



Zebra.

Consumidores primários – 2.^o nível trófico.

Os carnívoros – que se alimentam dos consumidores de 1.^a ordem são **consumidores secundários** ou de 2.^a ordem. Representam o 3.^o nível trófico, por exemplo, leopardo, raposa, leão ...



Leopardo.



Raposa.



Leão.

Consumidores secundários – 3.^o nível trófico.

Os que se alimentam destes são consumidores de 3.^a ordem e representam o 4.^o nível trófico e assim sucessivamente até ao último nível de consumidores, por exemplo a águia ao comer o lobo ou a raposa ...

Muitos consumidores, pelo facto de terem alimentação variada, podem ocupar no ecossistema de que fazem parte, vários níveis tróficos, por exemplo, uma ave de rapina, se comer coelhos ou lobos, estará a ser, respectivamente, consumidor de 2.^a ou de 3.^a ordem.

Uma especial categoria de consumidores é representada pelos **decompositores** ou **detritívoros** que obtêm o seu alimento de restos orgânicos ou de organismos mortos.

Na maior parte dos ecossistemas, os decompositores mais importantes são os fungos e as bactérias. Segregam enzimas com que digerem os compostos orgânicos que lhes servem de alimento.

O que resta da energia fixada pelos produtores na matéria orgânica é totalmente consumida e os produtos minerais usados na fotossíntese regressam ao ambiente, podendo de novo voltar a ser utilizados.

Cadeia

A tra
a partir d
xidade é

Na m
seres vivo
cadeias ali

Apres
teias alime



Rap

Num
que obtêm
nível trófi
pelos prod

Esta p
capacidade
mico, de o

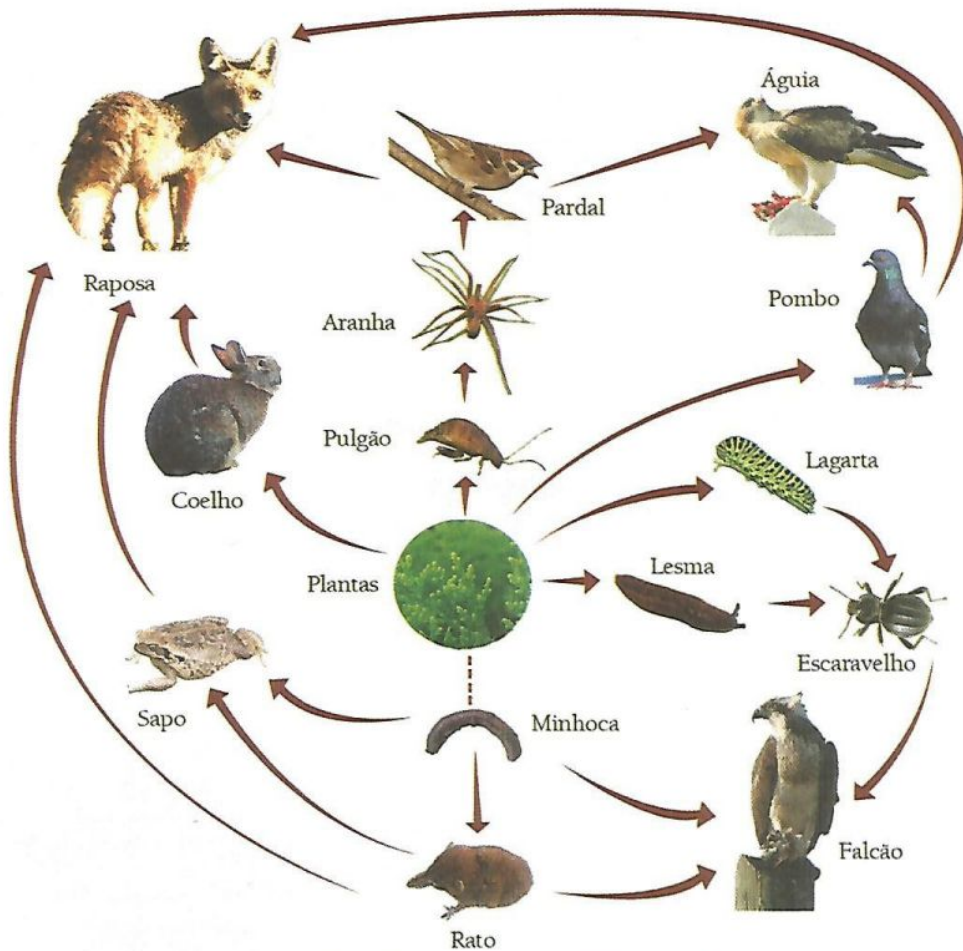
Os an
consumir
heterotrof

Cadeias e teias alimentares

A transferência do alimento (energia) de nível médio para nível trófico a partir dos produtores faz-se através de cadeias alimentares, cuja complexidade é variável.

Na maioria das comunidades, cada consumidor utiliza como alimento seres vivos de vários níveis tróficos. Daí resulta que na Natureza não há cadeias alimentares isoladas.

Apresentam sempre vários pontos de cruzamento, formando redes ou teias alimentares, geralmente de elevada complexidade.



Teia alimentar de um ecossistema terrestre.

Numa **teia alimentar**, é possível formar diferentes grupos com seres que obtêm alimento de forma semelhante – níveis tróficos. O primeiro nível trófico é sempre ocupado pelas plantas, algas ou fito plâncton, isto é, pelos **produtores**.

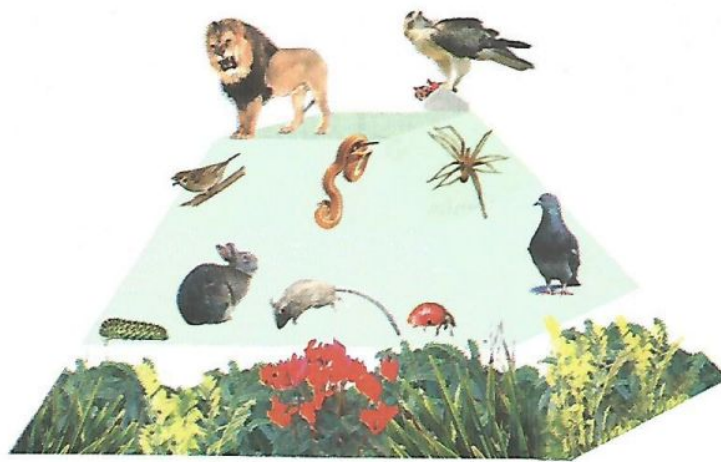
Esta posição deve-se, como se sabe, ao facto de serem os únicos com capacidade de produzir o seu próprio alimento a partir do meio físico-químico, de onde captam energia e matérias simples – **seres autotróficos**.

Os animais, como não produzem os seus próprios alimentos, têm de consumir outros organismos para os obter. Por esta razão são designados **heterotróficos**.

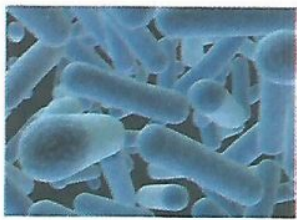
Os animais que se alimentam exclusivamente de produtos de natureza vegetal, englobando os herbívoros, os granívoros (que se alimentam de grãos ou sementes) e os frugívoros (que ingerem frutos), são designados **consumidores de 1.ª ordem**.

Os animais que consomem outros animais têm uma alimentação carnívora. Distinguem-se deste conjunto os consumidores de 2.ª ordem, que se alimentam de herbívoros, os de 3.ª ordem, que consomem os de 2.ª e assim sucessivamente.

Dentro de um ecossistema existem, portanto, diferentes níveis alimentares que se inter-relacionam organizadamente. O modo mais comum de se representar a organização alimentar de um ecossistema é sob a forma de pirâmides alimentares.



Pirâmide alimentar de um ecossistema terrestre.



Bactérias.



Cogumelos.



Uma laranja com bolor.

Uma **pirâmide alimentar** tem na sua base os produtores, representando maior número de indivíduos, maior quantidade de matéria orgânica ou mais energia. Depois seguem-se, sucessivamente, em direcção ao topo, as diferentes ordens de consumidores, correspondendo a uma diminuição de indivíduos, matéria e energia, da base para o topo.

Nos ambientes terrestres, as principais populações de decompositores são os cogumelos, os bolores e principalmente as bactérias, que praticamente são os únicos decompositores no ambiente aquático.

A maior parte da matéria ingerida por um **consumidor** (cerca de 60%) é eliminada no suor, na urina, e nas fezes. As fezes e a urina, juntamente com os cadáveres e restos de plantas, vão ser decompostos pelos respectivos **decompositores**. Mas antes da decomposição, há uma grande diversidade de pequenos consumidores (isópodes, minhocas, baratas e outros) no solo, que vão fragmentar a matéria orgânica, preparando as condições para os decompositores actuarem.

Os decompositores vão transformar esta matéria em húmus e depois em substâncias minerais que podem ser novamente utilizadas pelas plantas na produção de matéria orgânica. Deste modo, fica encerrado o **ciclo dos materiais**.

Ciclo

Exi
os sere
abióti
entant
da mat
tem um
transpo
São
absorvi
orgânic
retiram
molécul
destes p
ciclos b
matéria
ria de un

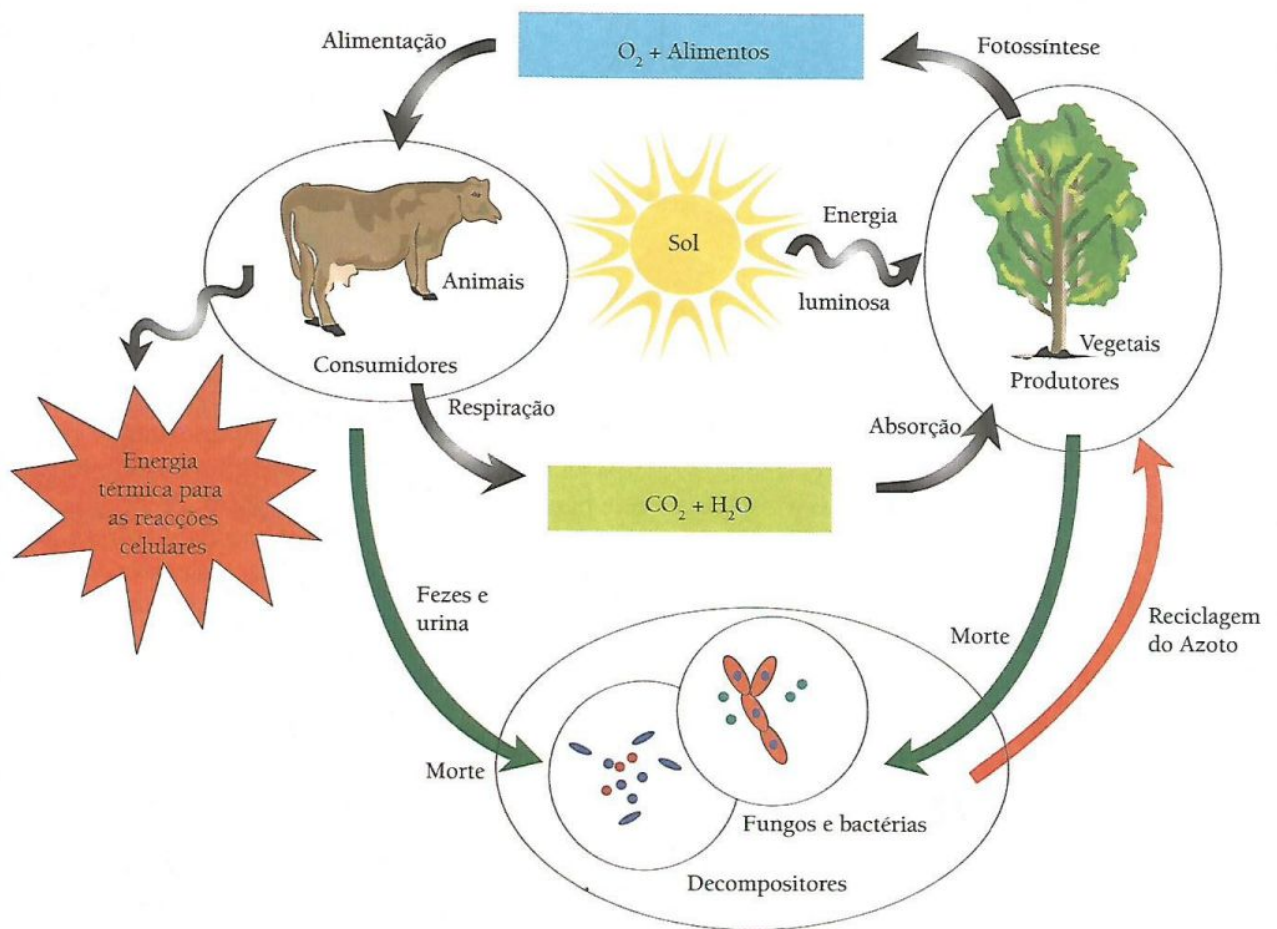


Ciclo b

Ciclo biogeoquímico

Existe uma **circulação contínua** de materiais entre o meio abiótico e os seres vivos, cabendo aos decompositores o papel de devolver ao meio abiótico uma parte importante dos minerais que as plantas lhe retiram. No entanto, os minerais do solo não provêm exclusivamente da decomposição da matéria orgânica. Muitos têm origem na degradação das rochas. A água tem um papel fundamental na circulação dos materiais, pois actua no seu transporte e na sua dissolução.

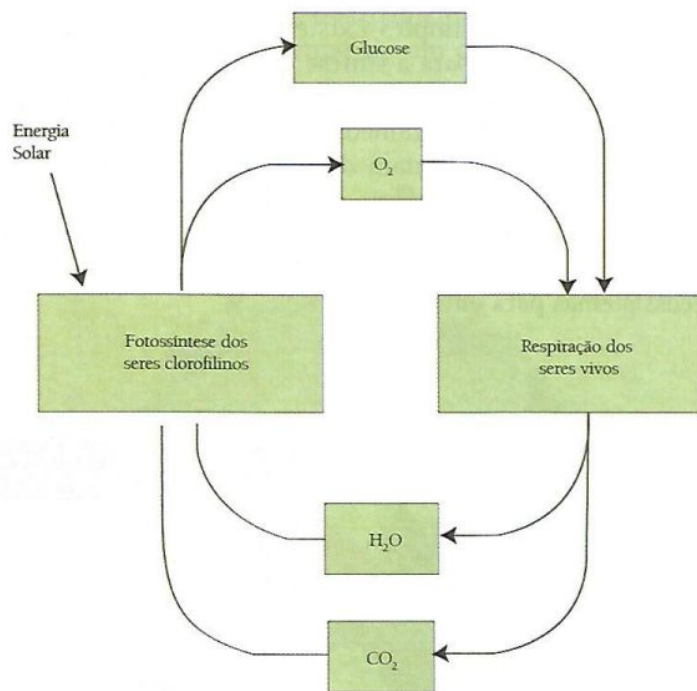
São as moléculas mais simples existentes no meio, que podem ser absorvidas pelos produtores, para a síntese de novas moléculas de matéria orgânica constituinte de todos os seres vivos. Assim, todos os organismos retiram do ambiente elementos químicos necessários à construção das suas moléculas. Estes elementos circulam do ambiente para os organismos e destes para o ambiente em percursos cíclicos que se designam, por isso, **ciclos biogeoquímicos**. Estes ciclos compreendem não só a circulação de matéria dentro de cada ecossistema, mas também as transferências de matéria de uns ecossistemas para outros.



Ciclo biogeoquímico.

Ciclo do oxigénio

O oxigénio que existe no ar e que é dissolvido na água é captado pelos seres vivos para ser utilizado na respiração. Por outro lado, nas combustões há um elevado consumo de oxigénio. Mesmo assim, o oxigénio no ambiente não se esgota porque circula do ambiente para os seres vivos e destes para o ambiente.



Ciclo do oxigénio.

Ciclo do carbono

O carbono é um elemento químico de grande importância para os seres vivos, pois participa na composição química de todos os componentes orgânicos e numa grande parcela dos inorgânicos também.

Os seres vivos só conseguem aproveitar o carbono da Natureza, sob a forma de dióxido de carbono (CO₂), encontrado na atmosfera, ou sob a forma de bicarbonato (HCO₃) e carbonato (CO₃), dissolvidos na água.

O dióxido de carbono encontra-se na atmosfera, numa concentração de aproximadamente 0,03% e, em proporções semelhantes, dissolvido na parte superficial dos mares, oceanos, rios e lagos.

O carbono do CO₂ incorpora-se nos seres vivos, quando os vegetais, utilizando o CO₂ do ar, ou os carbonatos e bicarbonatos dissolvidos na água, realizam a fotossíntese.

O carbono das plantas pode seguir três caminhos:

- Pela respiração é devolvido na forma de CO₂.
- Passa para os animais superiores, via cadeia alimentar.
- Pela morte e decomposição dos vegetais, volta a ser CO₂.

O carbono é adquirido pelos animais, de forma directa ou indirecta, do reino vegetal, durante a sua alimentação. Assim, os animais herbívoros recebem dos vegetais os compostos orgânicos e, através do seu metabolismo, são capazes de sintetizar e até de transformá-los em novos tipos de produtos. O mesmo ocorre com os animais carnívoros, que se alimentam dos herbívoros e assim sucessivamente. O carbono dos animais pode seguir, assim como as plantas, três caminhos:

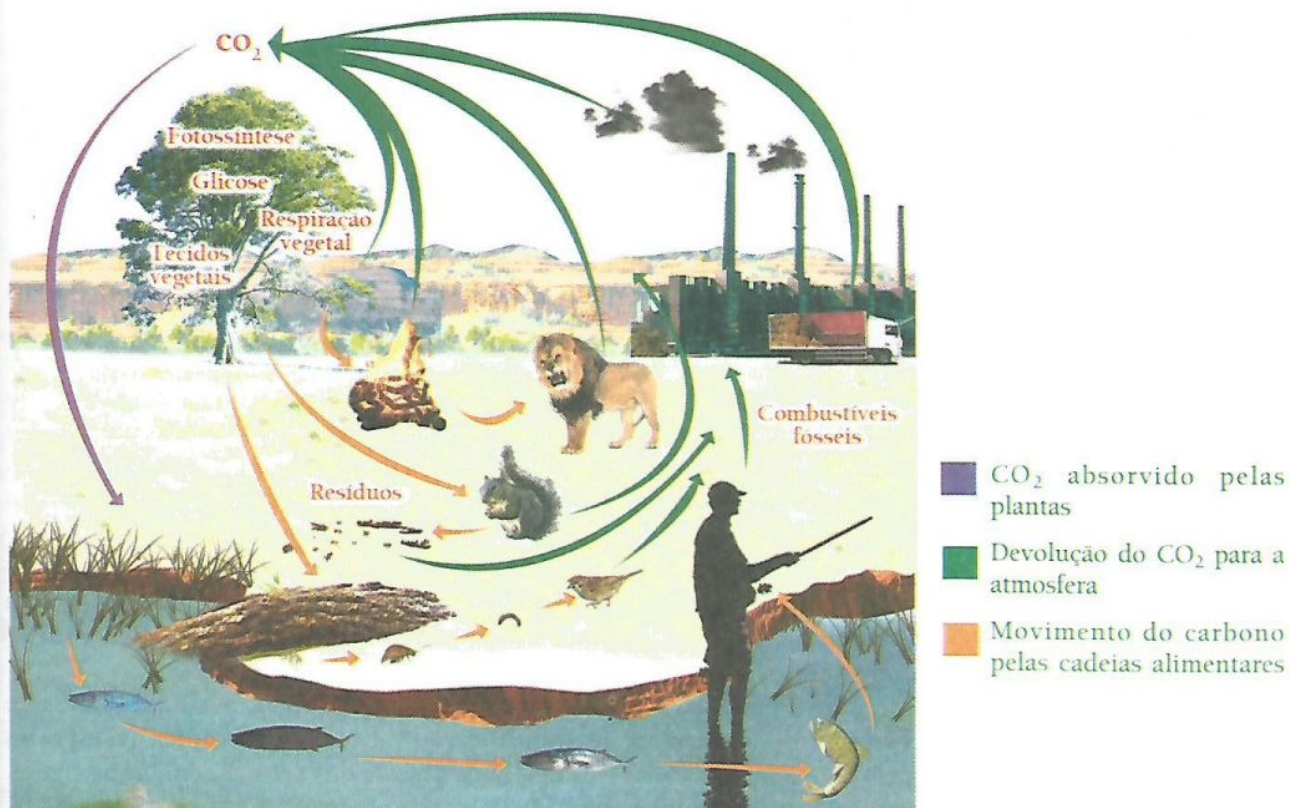
- Pela respiração é devolvido na forma de CO_2 .
- Passagem para outro animal, via nutrição.
- Pela morte e decomposição dos animais, volta a ser CO_2 .

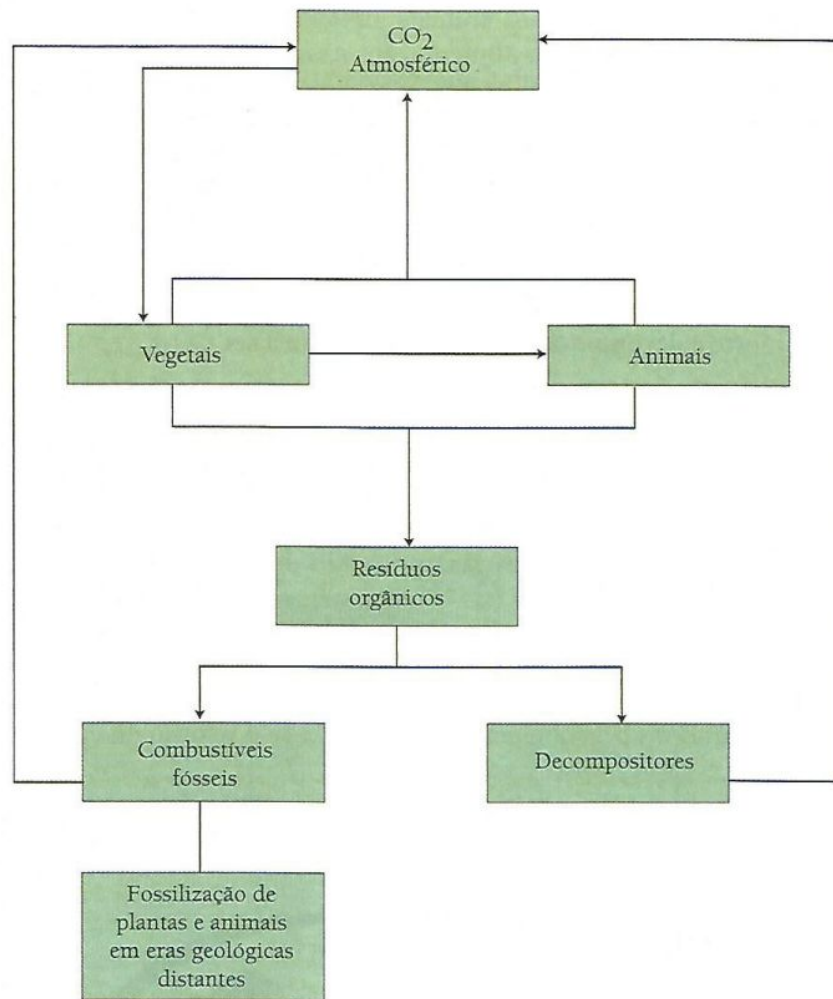
Contudo, nem sempre o retorno do carbono para o meio é assim tão rápido. Por vezes, uma parte do carbono é retirada do ciclo e armazenada por muito tempo sob a forma de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo.

Na água, o carbono pode acumular-se sob a forma de carbonato de cálcio nos calcários ou corais. Por acção de águas ricas em dióxido de carbono, sobre as formações calcárias, o dióxido de carbono é devolvido ao ambiente.

A actividade vulcânica constitui outra fonte de dióxido de carbono para a atmosfera.

Por intermédio da combustão de combustíveis fósseis (gasolina, óleo, diesel, e gás natural) ou pela queima de florestas, dá-se o retorno do carbono ao ciclo.





Esquema do ciclo do carbono.

Ciclo do azoto

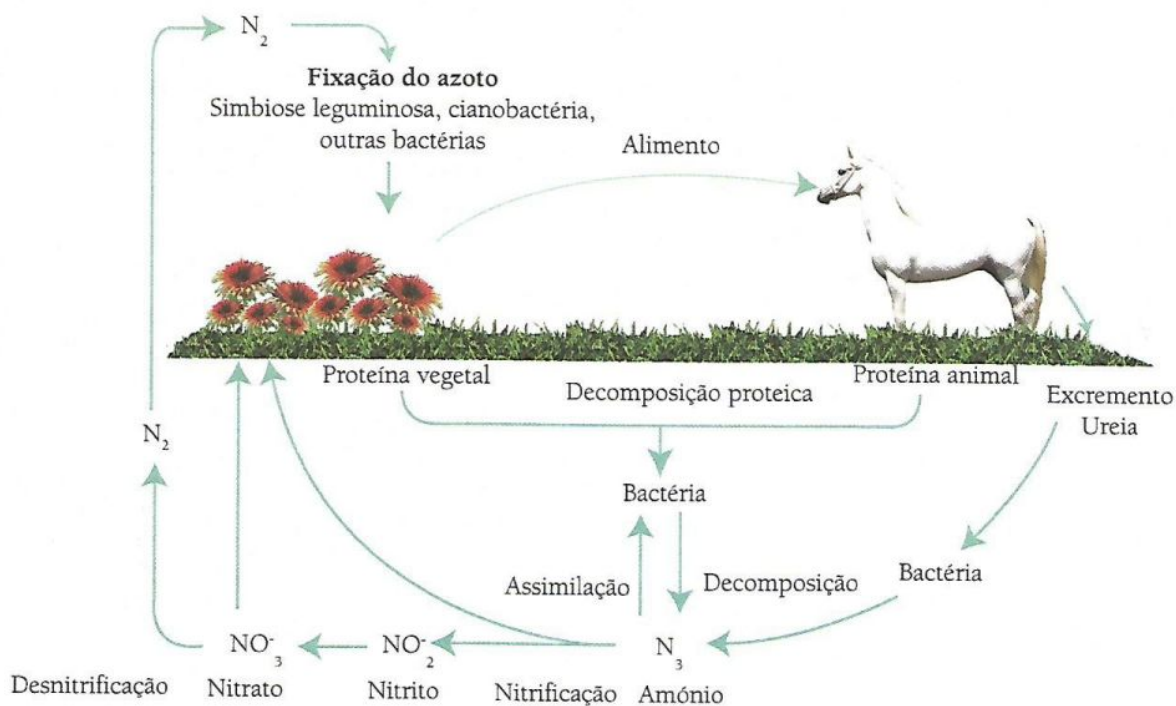
O azoto é um componente essencial à vida. Participa na constituição das proteínas DNA, RNA, clorofila e de outras moléculas orgânicas importantes.

O azoto é o elemento predominante da atmosfera terrestre (cerca de 78%) e o quarto mais abundante nos tecidos vivos. No entanto, a maioria dos seres vivos não possui a capacidade de utilizá-lo directamente nesta forma (tal como ocorre com o oxigénio e o dióxido de carbono).

O azoto necessita de ser fixado («puxado» da atmosfera e ligado ao oxigénio e ao hidrogénio) por determinados microrganismos como bactérias, fungos e algas. Alguns desses microrganismos encontram-se em simbiose com as plantas, formando compostos que podem ser usados na fotossíntese, ficando assim disponível a todos os níveis tróficos das cadeias alimentares.

Outro processo de disponibilização do azoto para o mundo biológico corresponde a reacções de simplificação da matéria orgânica resultantes (provenientes) dos cadáveres dos seres vivos e dos seus excrementos (igualmente por microrganismos).

Desn
Ciclo
Ide
Fixaç
A f
conversã
algas azu
rias exist
plantas.
azoto no
Amon
A a
da em ar
Os
proteína
passam p
caracteri
As p
(urina, f
tornando
Nitrifi
Na
nitritos s
O ar
em nitrit



Ciclo do azoto.

Identificam-se assim as seguintes fases no ciclo do azoto:

Fixação do azoto atmosférico

A fixação do azoto atmosférico consiste na sua absorção e respectiva conversão em nitratos e é realizada apenas por alguns organismos, como as algas azuis e algumas espécies de bactérias (fixação biológica). Estas bactérias existem nos solos, em alguns casos vivendo em simbiose com certas plantas. Estas plantas são boas fertilizadoras dos solos; a existência do azoto no solo é indispensável para que este seja fértil.

Amonificação

A amonificação consiste na transformação da matéria orgânica azotada em amoníaco.

Os nitratos absorvidos pelas plantas permitem que elas sintetizem as proteínas constituintes do seu corpo que através das cadeias alimentares passam para os consumidores. Estes utilizam-nas para fabricar as proteínas características dos animais.

As proteínas existentes nos cadáveres dos seres vivos e nas excreções (urina, fezes) dos animais são decompostas pelas bactérias decompositoras tornando o húmus rico no ião NH_4^+ (ião amónio).

Nitrificação

Na **nitrosação**, o amoníaco é oxidado em nitritose; na **nitratção**, os nitritos são oxidados em nitratos.

O amoníaco, por intervenção das bactérias nitrificantes, é transformado em nitritos e nitratos.

Assimilação

Os nitratos formados pelo processo de nitrificação são absorvidos pelas plantas e transformados em compostos carbonados, para produzir aminoácidos e outros compostos orgânicos de nitrogénio.

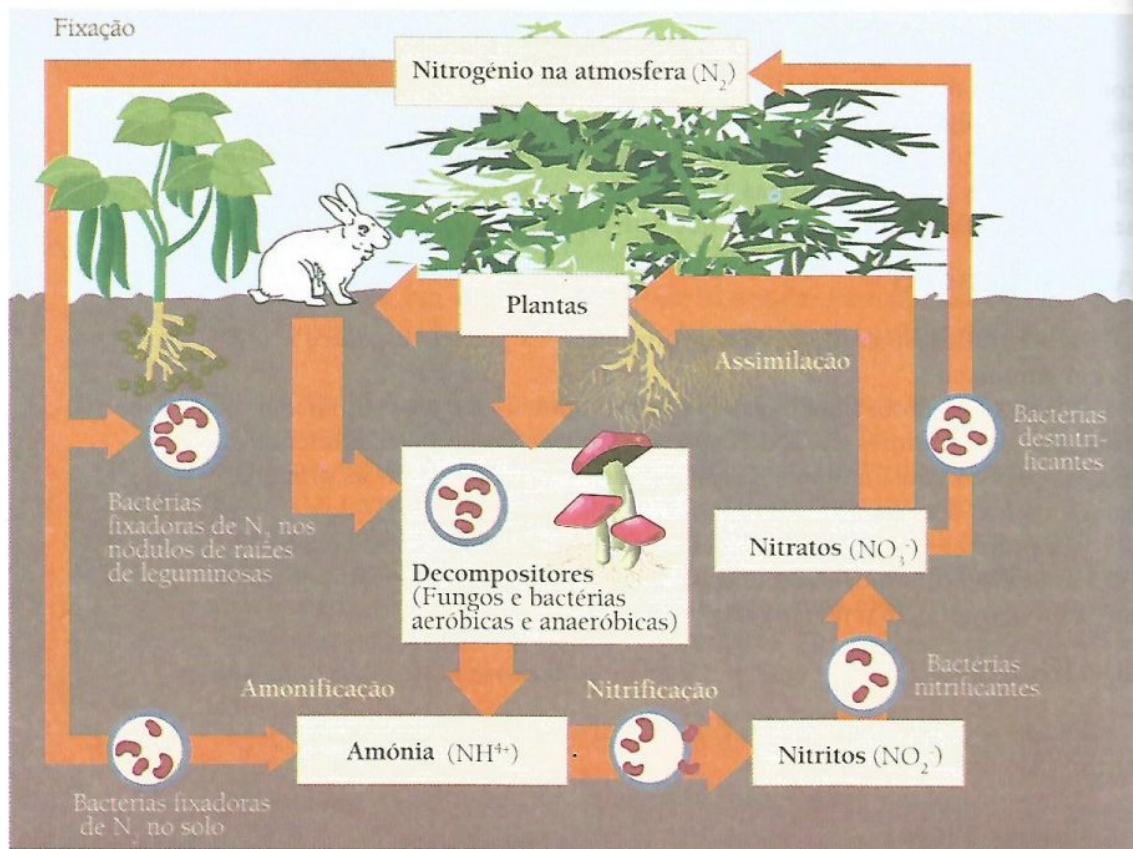
Desnitrificação

Os nitratos que não foram utilizados pelos seres vivos serão, com a intervenção das bactérias desnitrificantes, transformados em azoto livre, regressando à atmosfera.

Estas fases do ciclo asseguram a reciclagem do azoto na biosfera.

Além da fixação biológica, existem outros tipos de fixação do azoto livre.

A **fixação atmosférica** dá-se quando ocorrem descargas eléctricas durante as trovoadas e o azoto transforma-se em ácido azótico que atinge a superfície terrestre transportado pela chuva. Na **fixação industrial**, o Homem utiliza um processo físico-químico idêntico ao da fixação atmosférica, quando fabrica, por exemplo, os adubos azotados.



Ciclo

A á
rentes es
•
ri
• Á
n
c
• C
f
p
Un
outra es
çóis de
que a ab
tas ou a
(evapot
Assim, c
tante a c

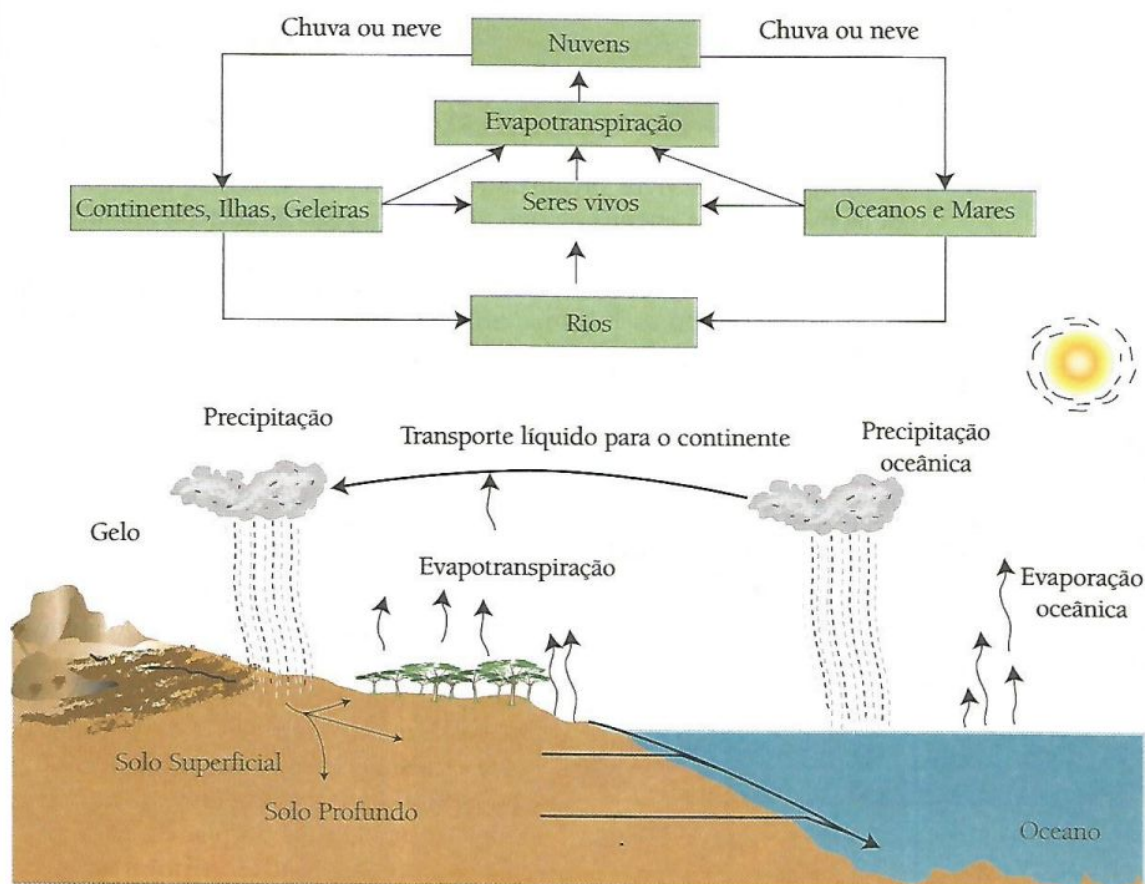


Ciclo da água

A água circula continuamente na Natureza, podendo passar pelos diferentes estados – sólido, líquido e gasoso.

- O calor proveniente do Sol faz evaporar a água da superfície dos lagos, rios e oceanos e provoca também a transpiração dos seres vivos.
- À medida que o vapor de água arrefece e condensa, formam-se nuvens que são levadas pelos ventos, sendo estes também formados com a intervenção da energia do Sol.
- Quando as nuvens estão saturadas, a água cai, principalmente sob forma de chuva ou neve, retornando aos oceanos, solos e seres vivos por escorrência ou infiltração no caso específico dos solos.

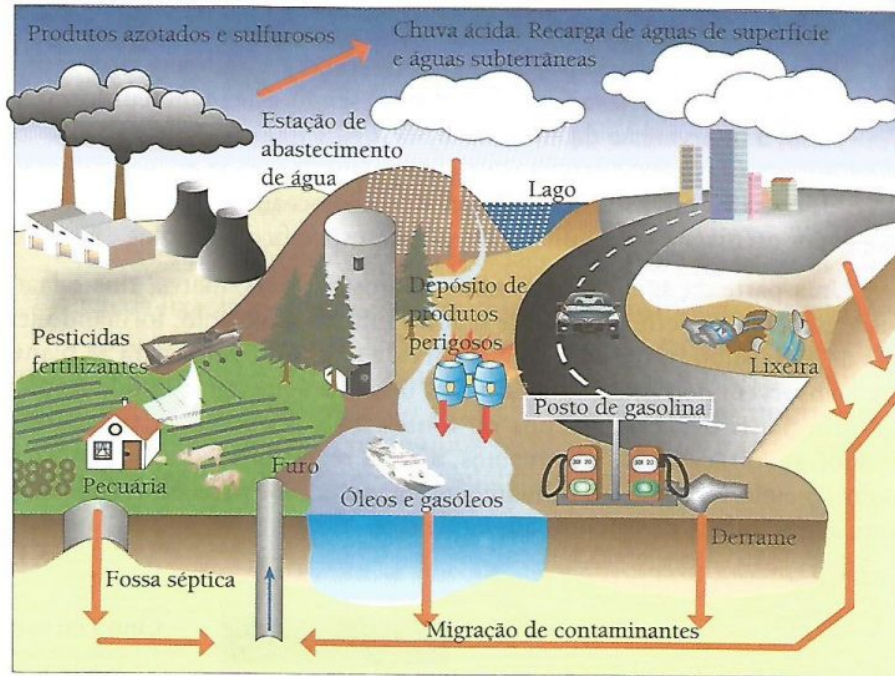
Uma parte da água cai directamente nos oceanos, mares, rios e lagos, outra escorre à superfície terrestre e outra infiltra-se no solo, formando lençóis de água subterrâneos. A água absorvida pelo solo passa para as plantas que a absorvem pelas raízes. Os animais obtêm a água consumindo as plantas ou a partir dos rios, riachos ou fontes. Pela respiração e transpiração (evapotranspiração) dos organismos, a água regressa de novo à atmosfera. Assim, o ciclo repete-se continuamente, mantendo-se mais ou menos constante a quantidade de água no nosso planeta.



Ciclo da água

Alterações dos ecossistemas

As catástrofes naturais, as alterações das condições atmosféricas e o Homem provocam perturbações nos ecossistemas.



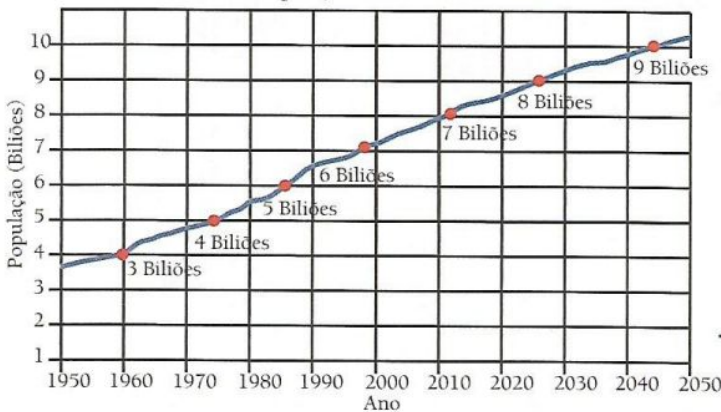
Alteração de ecossistemas pelo Homem

Todos os seres vivos organizam-se nos ecossistemas, de modo a obterem os materiais e a energia de que necessitam para sobreviver, modificando o meio, mas sem alterarem o equilíbrio natural.

A própria espécie humana também viveu durante centenas de milhares de anos de um modo «selvagem» em harmonia com a Natureza. O Homem caçava, pescava e recolhia produtos vegetais do meio, porém, as alterações que foi provocando no meio foram mais fortes do que as dos restantes animais devido a instrumentos que criou.

Nos últimos dez mil anos, houve uma grande intensificação. Com a agricultura e a criação de gado, o crescimento populacional, aumentou a exploração dos recursos naturais da Terra. No entanto, foi sobretudo a partir do século XVIII, com a Revolução Industrial, que o progresso técnico e científico e os avanços da medicina permitiram um crescimento explosivo da população humana. Este aumento demográfico conduziu, naturalmente, à exploração intensiva dos recursos naturais do planeta para satisfazer as necessidades alimentares de milhões de pessoas.

População Mundial: 1950-2050



Todos os seres vivos retiram da Natureza tudo aquilo de que necessitam para a sua sobrevivência, mas o Homem foi mais longe; durante a sua história, a espécie humana sempre dependeu da capacidade de transformação de uma série de riquezas disponíveis no planeta.

A interferência humana nos ecossistemas é hoje tão intensa que, se queremos continuar a usufruir das suas riquezas, temos certamente de aprender a conservá-los.

O Homem tem explorado os mais variados materiais: minerais, rochas, a água e os próprios seres vivos. Os seres vivos constituem os recursos naturais dos quais se destacam os recursos energéticos, os recursos hídricos e os recursos biológicos.

Recursos naturais

É qualquer forma de matéria, energia ou aspecto da Natureza que pode ser explorada pelo Homem para satisfazer as suas necessidades, designadamente a água, os seres vivos, as rochas e minerais, o petróleo e o carvão, o ar ou a paisagem.

Por exemplo:



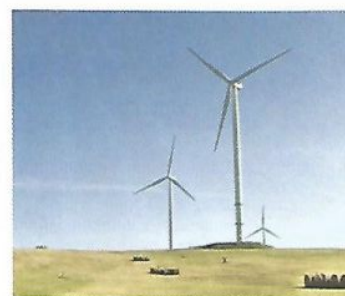
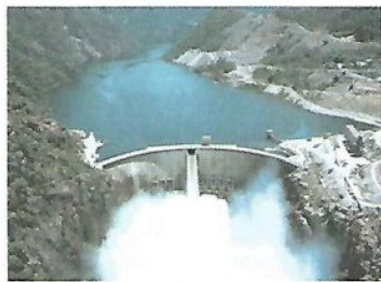
Recursos naturais, água, rocha, petróleo e carvão

Recursos energéticos

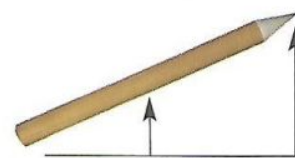
Os recursos energéticos constituem um importante suporte da actividade humana, porque actualmente são necessárias grandes quantidades de energia para assegurar o funcionamento das actividades económicas e o próprio padrão de vida das sociedades industrializadas.

Os recursos energéticos podem ser de dois tipos:

- **Renováveis:** recursos que se renovam permanentemente e, por esse motivo, nunca se esgotam, mesmo que consumidos em grandes quantidades: sol, vento, mar, biomassa, calor do interior da Terra e rios (produzem-se, respectivamente, as energias solar, eólica, das ondas e das marés, da biomassa, geotérmica e hidroeléctrica).



Recursos energéticos renováveis: energia solar e eólica, ondas do mar e hidroeléctrica.



Ex.: Lápis – madeira e grafite.

- **Não renováveis:** recursos que, pelo seu consumo, acabam, mais cedo ou mais tarde, por esgotar-se: carvão, petróleo, gás natural e urânio. Os combustíveis fósseis, principalmente o petróleo e o gás natural, são, portanto, os principais recursos energéticos da civilização contemporânea. Contudo, estes recursos foram formados no passado em determinadas condições ambientais. Sendo o processo de formação destes recursos extremamente lento e processando-se ao longo de milhões de anos, se o ritmo actual de consumo se mantiver, acabarão por se esgotar rapidamente.



Recursos energéticos renováveis: urânio, gás de Pande, carvão de Moatize.

Recursos hídricos

Nas últimas décadas, devido principalmente ao crescimento acentuado da população mundial, o consumo de água aumentou muito. Este aumento deve-se, principalmente, à agricultura de regadio, à indústria e à utilização doméstica nas grandes cidades.



Embora os recursos mundiais de água potável sejam suficientes para abastecerem uma população de 20 mil milhões de habitantes, a sua distribuição é muito diferenciada, havendo zonas do planeta muito carenciadas. Esta desigualdade é devida à diferença da distribuição da precipitação.

Quase toda a água do planeta (97,5%) está concentrada nos mares e oceanos. A água doce corresponde apenas a 2,5% da totalidade da água existente no planeta. Desta, a maior parte está gelada nos pólos e apenas 1% está disponível ao ser humano.

As águas subterrâneas são o principal reservatório de água doce disponível para o Homem (aproximadamente 60% da população mundial tem como principal fonte de água os lençóis freáticos ou subterrâneos).

Recursos biológicos

São matéria e energia que o ser humano pode obter de outros seres vivos.

Podem ser **agro-pecuários** onde temos os animais e plantas florestais e **marinhos** onde se encontram os animais marinhos e algas fornecendo-nos alimentos e matérias-primas.

Podem ser utilizados de várias maneiras:

- **Na alimentação:** através da agricultura, da caça, da piscicultura ou da pecuária.



Recursos biológicos usados na alimentação.

- **Na produção de calçado e vestuário:** vários produtos derivados de plantas e animais são utilizados na produção de vestuário e calçado, como, por exemplo, algodão, seda, couro, linho, etc.



Casaco de seda.



Pasta em couro.

- **No fabrico de diversos produtos:** muitos produtos do nosso quotidiano são obtidos a partir dos recursos biológicos, como, por exemplo, madeira, cortiça, látex, etc.



Mesa em madeira.

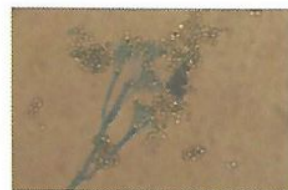


Cadeira em cortiça.



Botas de borracha.

- **Na medicina:** são conhecidas, desde sempre, as potencialidades de diversas plantas no tratamento de várias doenças. Os seus princípios activos, responsáveis pelos efeitos terapêuticos, são utilizados na produção de medicamentos, como, por exemplo, *penicillium* que produz antibióticos.



Penicillium.

- Noutras actividades económicas, como o turismo que está frequentemente relacionado com os recursos biológicos, onde temos o exemplo de safaris e observação de animais marinhos.



Desflorestação.



Safaris.



Pesca submarina.

Na actualidade, apesar de a produção alimentar ser suficiente para a população mundial, a maior parte dos países carece de alimentos básicos devido a um acesso desigual aos recursos alimentares. Só na Ásia e na África existem mais de 500 milhões de pessoas subnutridas. Destes, milhões morrem anualmente, sendo a maioria crianças.

As grandes florestas do planeta têm sido destruídas – **desflorestação**. Um dos objectivos desta acção é a extracção de matérias-primas como a pasta de papel, as madeiras exóticas, a borracha e as resinas. Em muitas regiões do planeta, o abate da floresta destina-se a obter novas zonas agrícolas.

Todos os recursos renováveis são inesgotáveis, porém, quando explorados acima da sua capacidade de **renovação**, podem tornar-se escassos, o que também se aplica aos recursos biológicos.

A **perda de biodiversidade** é a principal consequência da utilização incorrecta dos recursos biológicos. Todos os anos, entre 17 000 e 100 000 espécies são extintas do nosso planeta. Os cientistas concluíram que a destruição das florestas está a afectar gravemente cerca de 80% dos mamíferos e aves em vias de extinção, mas o grupo mais ameaçado é o dos anfíbios, com mais de 1 800 espécies em risco, o que corresponde a cerca de 32% de todos os anfíbios existentes na Terra.

A **conservação da biodiversidade e a manutenção de todas as espécies** só é possível em áreas reservadas e protegidas, muitas vezes contíguas às áreas ocupadas pelas populações humanas. Apesar do crescente declínio da biodiversidade, assiste-se, hoje, ao aumento das áreas protegidas no Mundo que revelam a tomada de consciência, por parte das comunidades internacionais, para os perigos que acarreta a perda da biodiversidade do nosso planeta.

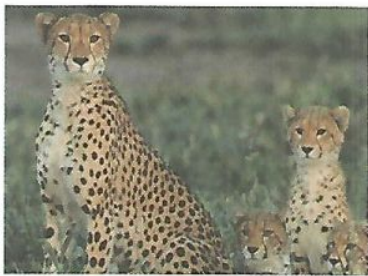
As **principais ameaças aos recursos biológicos** estão relacionadas com a sobre exploração, o tráfico ilegal de plantas e de animais, a introdução de espécies exóticas e a degradação, destruição e fragmentação de habitat.



Papa-formigas.



Tartaruga.



Chitas.



Panda.



Araras.

Sobreexploração

- O **crescimento da população humana** contribui para a **exploração** dos recursos naturais acima da capacidade de renovação destes. A **caça** e a pesca **excessivas** põem em perigo muitas espécies, bem como os animais que delas se alimentam.
- O **tráfico ilegal de plantas e animais**, apesar da existência de acordos internacionais que proíbem o comércio de plantas e de animais selvagens, bem como de partes dos seus corpos (por exemplo peles, presas e carapaças), continua a existir.



Casaco em pele de leopardo.



Carapaça de tartaruga.



Estatueta em marfim.

- A **introdução de espécies exóticas**, a **introdução intencional** ou **acidental de organismos em locais onde antes não existiam** é, muitas vezes, prejudicial ao ecossistema. Os invasores podem disseminar pragas e doenças até então inexistentes. Muitas destas novas espécies não têm predadores nestes novos habitat, o que as favorece na competição com as espécies locais (autóctones). Alguns invasores trazem, ainda, prejuízos económicos às populações.

Degradação, destruição e fragmentação de habitat

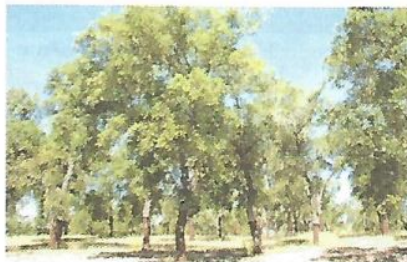
- A **poluição do ar e da água** **tem degradado** muitos habitat, com efeitos negativos sobre os recursos biológicos.
- A **limpeza dos leitos dos rios** e a **substituição de ecossistemas** por monoculturas de cereais ou por florestas monoespecíficas **degradam** os habitat, uma vez que os empobrecem.
- A **agricultura**, a **exploração florestal**, a **expansão urbana e industrial** e a **pesca de arrasto** são responsáveis pela **destruição** de grande número de habitat.



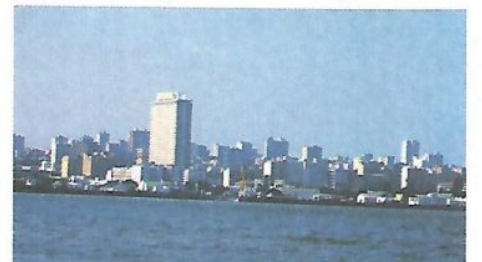
Rio poluído.



Pesca artesanal.



Exploração florestal.



Expansão urbana (Maputo).

- Apesar de indispensáveis, algumas **vias de comunicação** poderão **fragmentar os habitat**, isolando populações e dificultando as migrações.

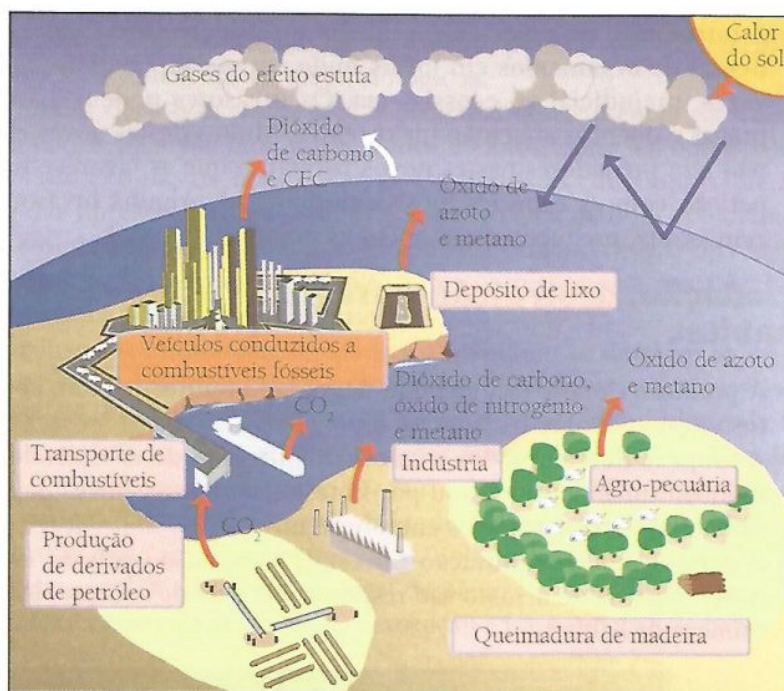
Acumulação de resíduos

A exploração dos recursos naturais é responsável pela acumulação no ar, na água, nos solos e até mesmo nos organismos, de substâncias residuais em muitos casos tóxicas poluentes – que provocam graves problemas ambientais e afectam, muitas vezes, a nossa saúde. Constituem, assim, aquilo que se designa por **poluição**.

Poluição do ar

A queima de combustíveis fósseis nas fabricas, centrais termoeléctricas, refinarias de petróleo e nos motores dos automóveis produz poluentes como o dióxido de carbono.

O aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera faz com que esta retenha mais calor e aqueça, criando um **efeito de estufa**. À medida que o efeito de estufa aumenta, o planeta torna-se mais quente. Designa-se, a este fenómeno **aquecimento global**. Se o aumento continuar, no ano 2030 a temperatura da Terra subirá 4 °C o que pode alterar totalmente o clima do planeta.



Causas que contribuem para o aquecimento global.

O aquecimento global será mais intenso nos pólos, onde as calotes derreterão, o que provocará a subida do nível das águas do mar até cerca de 60 m e a submersão das zonas litorais, tornando eventualmente as terras improdutivas devido à água salgada.

O **dióxido de enxofre** lançado naturalmente por vulcões ou artificialmente pelo Homem através de emissões industriais é um gás tóxico para os

animais, e pode ser ácido que acaba de chuva. Esta chuva ácida afecta as folhas das plantas.

A poluição por pesticidas e outros seres vivos dos produtos químicos usados em frifrigidos (sprays) são a pr

UV solar
Produção

Esta camada destrói as a parecimento de também relacion

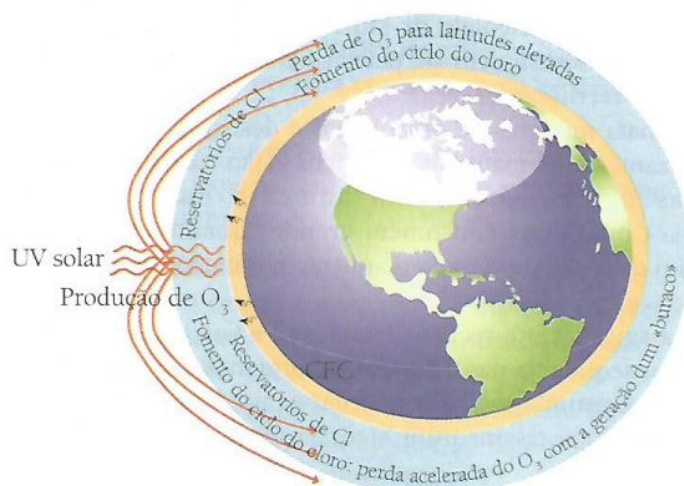
Sobre a sanatório podendo como a asma, b nar, doenças do



Poluição atmos

animais, e pode combinar-se com a humidade e o oxigénio, formando um ácido que acaba por se precipitar sobre a Terra, principalmente, sob a forma de chuva. Esta chuva ácida é corrosiva para certos minerais e destrói as folhas das plantas.

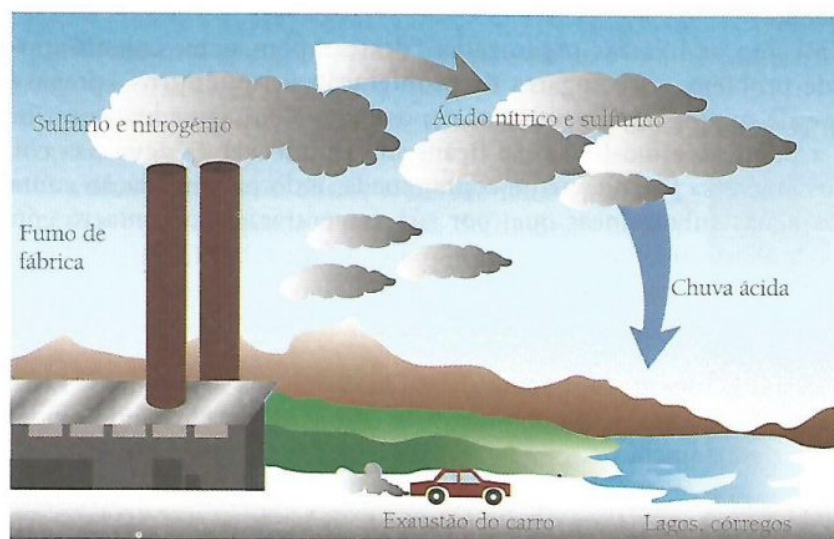
A poluição do ar afecta também a **camada de ozono** que protege os seres vivos dos raios ultravioleta do Sol. Os clorofluorcarbonetos, ou CFC, usados em frigoríficos, aparelhos de ar condicionado e latas de aerossóis (*sprays*) são a principal causa da destruição da camada de ozono.



Ciclo da formação e da decomposição do ozono.

Esta camada forma uma barreira ao excesso de radiação ultravioleta que destrói as algas que, por sua vez, ao desaparecerem provocam o desaparecimento de toda uma cadeia alimentar. A radiação ultravioleta está também relacionada com o cancro nos seres humanos.

Sobre a **saúde humana**, a poluição atmosférica afecta o sistema respiratório podendo agravar ou mesmo provocar diversas doenças crónicas tais como a asma, bronquite crónica, infecções nos pulmões, enfisema pulmonar, doenças do coração e cancro do pulmão.



Poluição atmosférica.



Embora as perdas de ozono sejam superiores nas regiões polares, elas ocorrem por todo o globo. Na década de 80 do século xx, houve perdas de 5% a 15% de ozono estratosférico nas regiões temperadas e tropicais de ambos os hemisférios. Nestes locais, uma maior quantidade de radiações UV atingiu a Terra, tendo afectado os seres vivos.

Poluição das águas



Resíduos agrícolas.



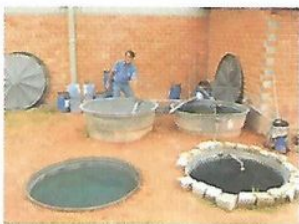
Afluentes domésticos.



Poluição provocada pelos detergentes.



Maré negra.



Poluentes químicos



Lixo com proliferação de ratos.

Para além dos consumos crescentes de água, consequências do aumento da população humana, da industrialização e de melhores condições de higiene e saneamento, os efluentes domésticos e industriais e os resíduos agrícolas têm provocado a poluição dos rios e lagos, o que faz com que a quantidade de água potável (água que não causa prejuízo à saúde humana, ou seja, não contém microrganismos patogénicos nem substâncias capazes de provocar doenças) tenha tendência para diminuir mais.

Existe uma grande variedade de substâncias químicas poluentes que são lançadas na água. Distinguem-se, pelos seus efeitos nocivos: o petróleo, os detergentes e os fertilizantes.

O petróleo mata milhares de organismos e destrói os habitats. Os detergentes, os fertilizantes e os materiais orgânicos estão carregados de substâncias nutritivas que provocam um aumento das populações de microrganismos. Como estes consomem grandes quantidades de oxigénio dissolvido, criam dificuldades à vida de outras populações, como os crustáceos, os moluscos e os peixes.

Apesar de a água ser um recurso renovável, a sua qualidade tem vindo a diminuir em consequência das actividades humanas, o que faz com que a água própria para consumo possa vir a tornar-se um bem escasso num futuro próximo, entrando-se assim num stress hídrico, isto é, falta de água doce.

Poluição dos solos

Afecta particularmente a camada superficial da crosta terrestre, causando malefícios directos ou indirectos à vida humana, à natureza e ao meio ambiente em geral, devido à presença de elementos químicos no solo, de origem humana.

Os solos são poluídos principalmente pela acumulação de resíduos sólidos – lixo – e de poluentes químicos resultantes da utilização de pesticidas e fertilizantes na agricultura. As lixeiras não são apenas locais desagradáveis à vista e com mau cheiro, constituem também um grave problema ambiental.

Mesmo as lixeiras organizadas, de terraplanagem, constituem um grande problema. São lugares de proliferação de autênticas «pragas» de ratos e de muitos microrganismos. Se os lixos são queimados, contribuem para a poluição atmosférica. Se ficam em acumulação, a água das chuvas que os atravessa fica altamente contaminada, indo por infiltração contaminar as águas subterrâneas que, por sua vez entrarão em contacto com as águas de abastecimento.

Acumulação de poluentes nos seres vivos

Os poluentes podem acumular-se também nos seres vivos. Eles são introduzidos de vários modos nas teias alimentares, chegando evidentemente até ao Homem.

Prot

Parq

Os
truição, r
animais,

Vári

- A
- A
- In
- Po

Algu

extinção
cano, que
oriental e
alimentar
cas como
tipos de b

Para

áreas geo
procura
dades hu

A ár
dedicada
e de recu
trumento

Cada
ma social,
que impe

- Co
- de
- Fin
- ou
- O r
- ne
- pes
- A e
- qua
- eco

Protecção dos ecossistemas

Parques e reservas naturais

Os ecossistemas têm sido vítimas duma crescente degradação e destruição, responsável pela extinção de muitas espécies, quer vegetais, quer animais, tornando desta forma o nosso planeta cada vez mais pobre.

Várias acções de origem humana contribuem para esta extinção como:

- A caça intencional ou colheita de espécies vegetais para fins comerciais, por desporto ou para controlar uma espécie que é considerada uma praga.
- A alteração ou destruição de um habitat.
- Introdução de espécies em locais novos para os mesmos
- Poluição do ambiente.

Algumas características tendem a tornar uma espécie mais sensível à extinção em relação a outras como, por exemplo, o rinoceronte preto africano, que é caçado devido ao seu chifre, utilizado na medicina tradicional oriental e vendido a um preço alto, espécies que estão no topo da cadeia alimentar como a águia-pesqueira, e as que possuem dietas muito específicas como o panda gigante da China que só se alimenta de determinados tipos de bambu e necessita de muito espaço.

Para reverter esta situação ou preservar o que resta, foram construídas áreas geográficas protegidas destinadas à conservação da Natureza, onde se procura uma harmonia e a integração entre comunidades naturais e actividades humanas.

A área protegida é definida como sendo «Uma área de terra ou mar, dedicada especialmente à protecção e manutenção da diversidade biológica, e de recursos naturais e culturais associados, manejada através de um instrumento legal e efectivo».

Cada área protegida deve ter objectivos claros e integrados no panorama social, ambiental e económico da região ou país. Os principais obstáculos que impedem que as áreas protegidas alcancem os seus objectivos são:

- Conflitos com as comunidades locais residentes no interior das áreas de conservação.
- Financiamento inadequado e insuficiente, pois os governos têm outras prioridades.
- O manejo e a gestão destas áreas são feitas de forma nem sempre adequada. Para além do dinheiro faltam pessoas qualificadas e muita pesquisa.
- A distribuição biogeográfica muitas vezes é inadequada devido ao surgimento de outras prioridades económicas e sociais.



Rinoceronte preto africano.



Águia pesqueira.



Panda gigante da China.



Dugongo.

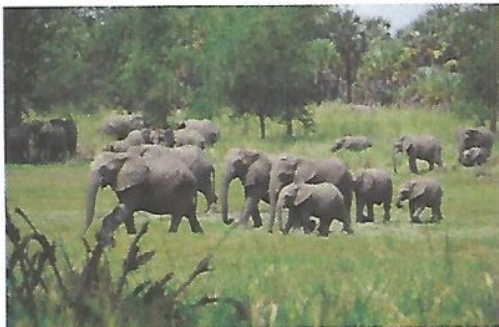
A rede de áreas protegidas de Moçambique (parques nacionais e reservas nacionais, coutadas, reservas florestais, santuários ecológicos, etc.) cobre uma superfície de aproximadamente 83 000 km² (15% da superfície de Moçambique) e consiste em:

- 6 Parques Nacionais
- 6 Reservas Naturais
- 12 Coutadas
- 17 Reservas Florestais

Parques nacionais

Designação	Localização	Área (km ²)	Ano de criação/proclamação	Objectivo da criação
P. N. da Gorongosa	Sofala	3 770	1960/1993	Protecção da diversidade, habitat, ecossistemas e flora e fauna associadas.
P.N. do Limpopo	Gaza	11 233	2001(1969)/2001	Protecção de ecossistemas; parte do Parque Transfronteiriço Grande Limpopo.
P. N. de Zinave	Inhambane/Gaza	3 700	1973/19 73	Protecção de ecossistemas semi-áridos e fauna associada (girafa, avestruz, etc.).
P. N. de Banhine	Gaza	7 000	1973/19 73	Protecção de ecossistemas semi-áridos e fauna associada (girafa, avestruz, etc.).
P.N. do Arquipélago do Bazaruto	Inhambane	156	1971/1971	Protecção de espécies marinhas tais como dugongo e tartarugas marinhas.
P. N. das Quirimbas	Cabo Delgado	7 500	2002/2002	Conservação de ecossistemas costeiros e marinhos.

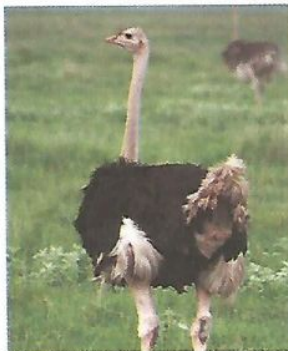
Parque Nacional da Gorongosa.



Parque Nacional de Zinave.



Parque Nacional de Banhine.



Parque Nacional do Arquipelago de Bazaruto.



D
Reserva
Reserva
Reserva
Reserva
Reserva
Reserva Chimani

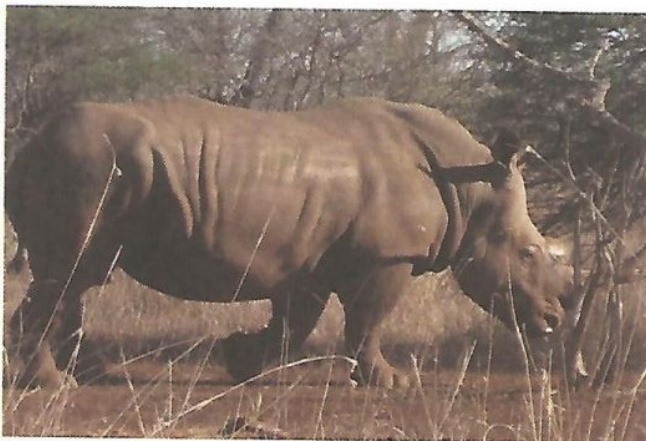


Reserva do Gik

Desig
Coutada
Coutada
Coutada
Coutada
Coutada
Coutada
Coutada
Coutada
Coutada
Coutada
Coutada

Reservas naturais

Designação	Localização	Área (km ²)	Ano de criação/proclamação	Objectivo da criação
Reserva do Niassa	Niassa	45 000	1960	Conservação da floresta de miombo e fauna associada. Maior reserva de Moçambique.
Reserva da Gilé	Zambézia	2 100	1960/1982	Protecção de rinocerontes e cão selvagem.
Reserva de Marromeu	Sofala	1 500	1960/1982	Protecção de búfalos.
Reserva de Maputo	Maputo	700	1960 (1932)/1994	Protecção de elefantes.
Reserva do Pomene	Inhambane	200	1964	Protecção de terras húmidas, mangais, etc.
Reserva do Chimanimani	Manica	1756	2002	



Reserva do Gilé.



Reserva de Marromeu.

Designação	Localização	Área (km ²)	Ano de criação	Objectivo da criação
Coutada 4	Manica	12 300	1969	Conservação e turismo cinegético
Coutada 5	Sofala	6.868	1972	Conservação e turismo cinegético
Coutada 6	Sofala	4 563	1960	Conservação e turismo cinegético
Coutada 7	Manica	5 408	1969	Conservação e turismo cinegético
Coutada 8	Sofala	300	1969	Conservação e turismo cinegético
Coutada 9	Manica	4 333	1969	Conservação e turismo cinegético
Coutada 10	Sofala	2 008	1961	Conservação e turismo cinegético
Coutada 11	Sofala	1 928	1969	Conservação e turismo cinegético
Coutada 12	Sofala	2 963	1969	Conservação e turismo cinegético
Coutada 13	Manica	5 683	1960	Conservação e turismo cinegético
Coutada 14	Sofala	1 353	1969	Conservação e turismo cinegético
Coutada 15	Sofala	2 000	1969	Conservação e turismo cinegético



Projectos existentes de **Áreas de Conservação Transfronteiriças Regionais (ACT)** com a participação moçambicana são:

- ACT Lubombo entre Moçambique, África do Sul e Suazilândia
- ACT Grande Limpopo entre Moçambique, África do Sul e Zimbábwè
- ACT Chimanimani entre Moçambique e Zimbábwè
- ACT Zimosa entre Moçambique, Zimbábwè e Zâmbia

Além disso existe o projecto ACT – Niassa entre Moçambique, Malawi e Tanzania.

Trat

As colecta
tar a su
populaçã
O B

- D
- F

Depó

É o
em terre
método
ção do s
zido pela

Atern

Os
a céu ab
procurar
imperme
no solo e
terra e
moscas e
seja, tapa
vimento

Colocaçã
de imper

Tratamento de lixos

As cidades produzem grande quantidade diária de lixo, por isso, a colecta, o tratamento e a sua fiscalização devem ser rigorosas, a fim de se evitar a sua deposição em qualquer terreno o que pode comprometer a saúde da população.

O lixo colectado pode ter destinos diferentes:

- Depósitos a céu aberto.
- Aterros sanitários.
- Incineração.
- Fábricas de compostagem.
- Triagem e reciclagem.

Depósitos a céu aberto

É o pior destino para os resíduos sólidos urbanos. O lixo é depositado em terrenos a céu aberto e sem medidas de protecção ao meio ambiente. O método favorece a proliferação de insectos transmissores de doenças e a poluição do solo e da água pelo Chorume (líquido escuro e de mau cheiro) produzido pela decomposição da matéria orgânica e que acaba sendo lixiviado.

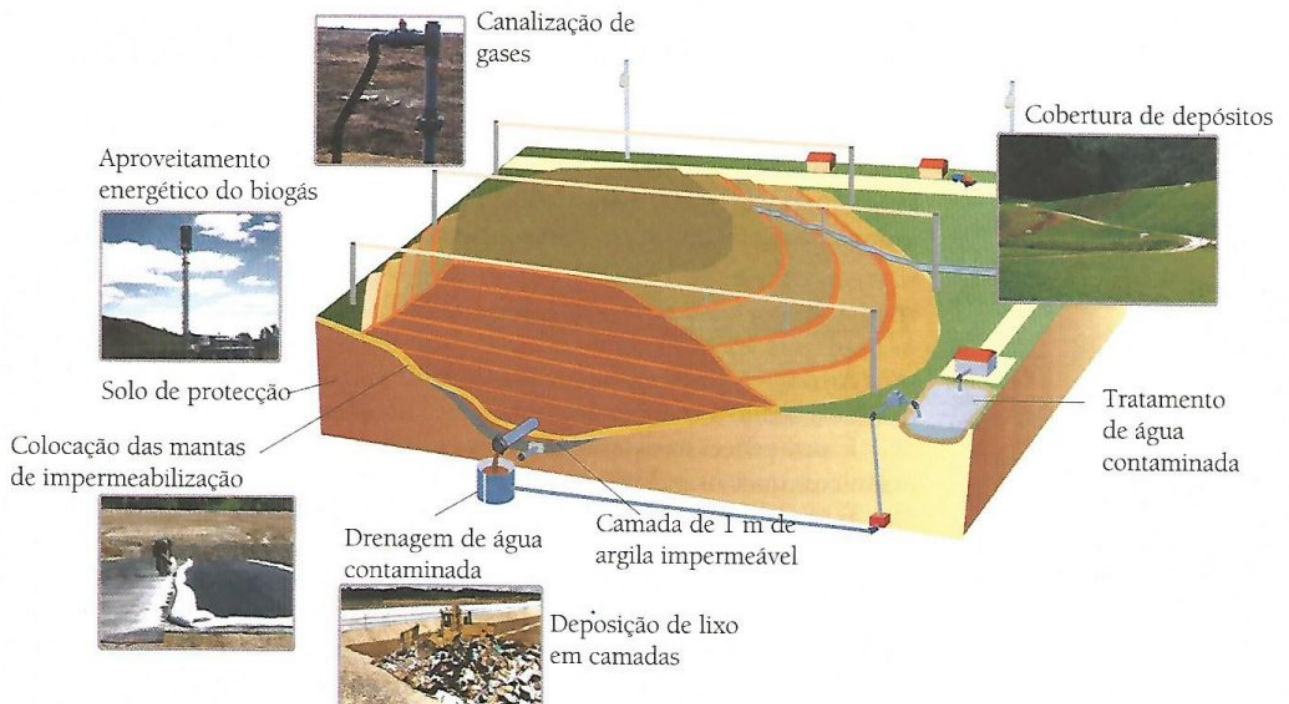


Lixeira a céu aberto.

Aterros sanitários

Os aterros sanitários constituem uma melhor saída aos depósitos de lixo a céu aberto. Deposita-se o lixo em grandes terrenos sempre monitorizados, procurando-se minimizar ao máximo os problemas ambientais e de saúde, e impermeabilizados para evitar a infiltração de materiais tóxicos (Chorume) no solo e lençóis freáticos. As camadas de lixo depositadas são cobertas com terra e outros materiais inertes, evitando-se o mau cheiro e a presença de moscas e outros animais. Após estarem lotados, os aterros são selados, ou seja, tapados por uma cobertura de plástico e terra o que permite o desenvolvimento de plantas e diminuirá o impacto paisagístico.

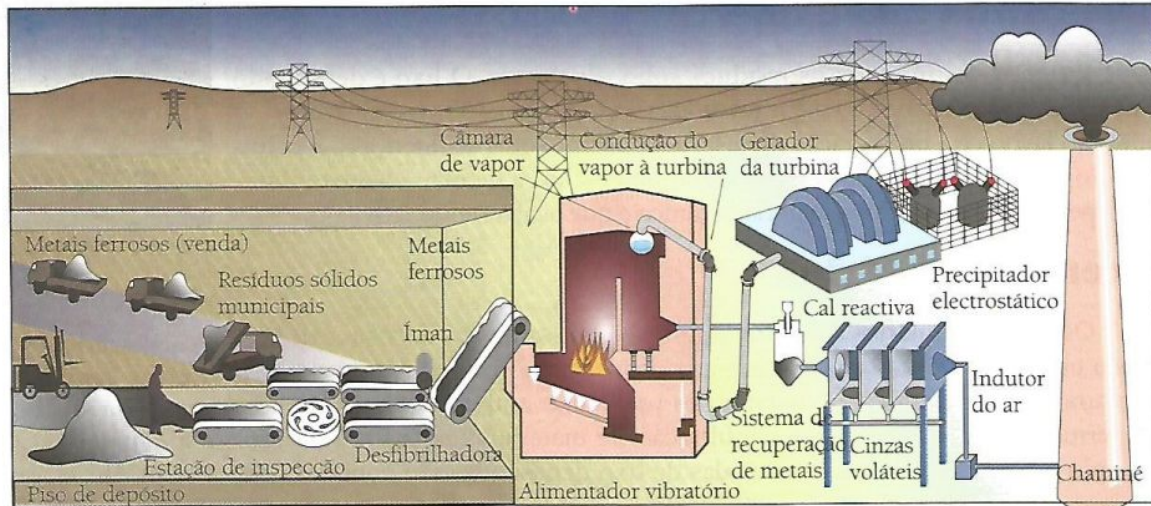
É necessário ao construir-se aterros sanitários ter-se em conta a produção de lixiviados e a contaminação das águas subterrâneas, já que a água provoca a dissolução de substâncias químicas e, conseqüentemente, o seu arrastamento por lixiviação.



Incineração

Na **incineração**, o lixo é queimado sendo transformado em cinzas e gases diminuindo o seu volume e aproveitando-se o calor que se gera para a produção de energia. Por vezes, esses gases são tóxicos, sendo então necessários tratamentos especiais, daí as incineradoras terem de cumprir normas que as impeçam de se transformar em locais de contaminação atmosférica.

Co-incineração é a queima dos resíduos nos fornos das cimenteiras que deverão ser equipadas com filtros específicos.



Esquema de uma incineradora, co-separação de materiais para posterior reciclagem e produção de energia com um controlo eficiente das emissões gasosas poluentes.

Fábricas de compostagem

Nas **fábricas de compostagem**, o lixo orgânico é misturado com terra e esterco, constantemente, e estes são submetidos à acção de fungos e bactérias, para serem transformados em adubo orgânico, também chamado húmus, material muito rico em nutrientes.



Mistura de lixo orgânico.



Triagem de papel.

Triagem e reciclagem

A **triagem** e a **reciclagem** são tipos de tratamento para alguns tipos de resíduos, sendo a triagem um tratamento necessário à reciclagem.

É um processo artesanal ou industrial que recupera produtos, quer orgânicos, quer usando técnicas diferentes para cada material.

É útil no reaproveitamento dos materiais (por exemplo: papel, vidros e alguns plásticos), sofrendo transformações que originam novos produtos e, simultaneamente, eliminam os grandes depósitos de lixo.

A reciclagem só tem sucesso se tiver uma participação activa e empenhada dos consumidores na separação dos resíduos bem como na realização da recolha selectiva e da triagem nos locais de recepção.

O tra
rios e lago
e industria
rinhos e in
As es
quais reti
podem ser
água depu

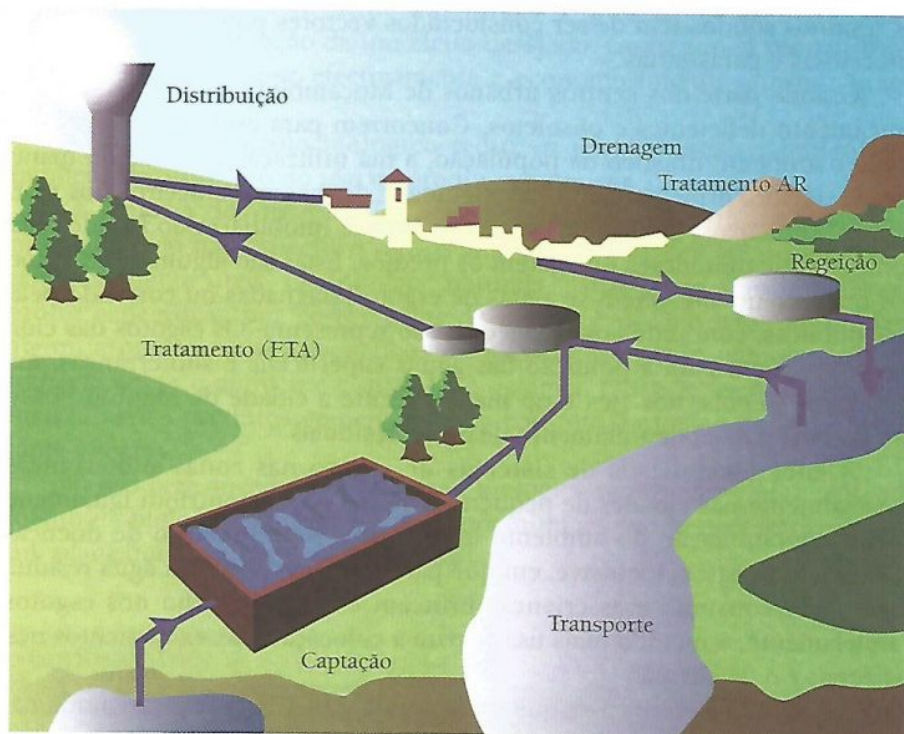


Esquema de s

Infeliz
sólidos (lixo
esta situaçã
«Todas
ção e tratam
notórios. N
1992 apenas
dos urbano
quente ser o
De uma
final as lixei
respeita, mu
populaciona
são. Em nem
suburbanas.
para tapar b

O tratamento das águas residuais é de extrema importância porque os rios e lagos são o destino de enormes quantidades de efluentes domésticos e industriais, que se não forem tratados podem destruir os ecossistemas ribeirinhos e impossibilitar a utilização dessas águas para consumo humano.

As estações de tratamento de águas residuais recebem os esgotos, dos quais retiram lamas que, após tratamento físico-químico e biológico, podem servir para a produção de fertilizantes, os quais, juntamente com a água depurada, podem ser utilizados na agricultura.



Esquema de sistemas de abastecimento de água

Infelizmente no nosso país existe uma deficiente gestão dos resíduos sólidos (lixos) e esgotos. O Programa Nacional de Gestão Ambiental avalia esta situação da seguinte maneira:

«Todas as cidades do País sofrem de insuficiência na recolha, deposição e tratamento dos resíduos sólidos, sendo Maputo e Beira os casos mais notórios. Na Beira, apenas 28% dos resíduos sólidos são recolhidos. Em 1992 apenas a cidade de Maputo tinha um sistema regular de resíduos sólidos urbanos. Consequentemente, na maioria dos centros urbanos é frequente ser o lixo acumulado durante vários dias e por vezes semanas.»

De uma maneira geral, os **resíduos sólidos urbanos** têm como destino final as lixeiras a céu aberto na periferia das cidades, cuja localização não respeita, muitas vezes, critérios básicos como áreas de baixa densidade populacional, aquífero profundo, solo pouco permeável e não sujeito a erosão. Em nenhuma cidade se pratica a recolha de resíduos sólidos nas zonas suburbanas. Em algumas áreas suburbanas, os resíduos sólidos são usados para tapar buracos, especialmente os que são causados por erosão pluvial.



Efluentes domésticos e industriais não tratados podem destruir ecossistemas ribeirinhos e impossibilitar o uso dessas águas para consumo humano.



Lixeira a céu aberto.



Lixo hospitalar.

Geralmente, não se verifica nenhum tratamento especial do lixo hospitalar, incluindo seringas, ligaduras, pensos, resíduos de laboratório, restos anatómicos, etc.

As comunidades suburbanas adoptaram um sistema «informal» de gestão dos resíduos (reciclando, enterrando e queimando o lixo). Entretanto, esse sistema não pode ser considerado satisfatório porque os bairros cresceram muito e não há, inclusive, espaço dentro e fora do quintal para este tipo de «tratamento». Para além disso, o sistema não contempla uma gestão especial necessária dos componentes tóxicos e não biodegradáveis, do que podem resultar outros problemas ambientais. Do ponto de vista sanitário, os resíduos sólidos têm de ser considerados vectores potenciais de doenças infecciosas e parasitárias.

Grande parte dos centros urbanos de Moçambique possui sistemas de saneamento deficientes e obsoletos. Concorrem para esta situação factores como o aumento drástico da população, a má utilização e a falta de manutenção devido, principalmente, à exiguidade de meios financeiros dos Concelhos Municipais, da Administração do Parque Imobiliário do Estado e das comissões de moradores que gerem os prédios. Estas são algumas das razões por que é frequente verem-se águas de esgoto estagnadas ou correndo pelas vias públicas, com todos os riscos que isso representa. Os esgotos das cidades contribuem para a poluição das águas superficiais e subterrâneas, que desaguam, depois, nos rios e no mar. Somente a cidade de Maputo possui um sistema parcial de tratamento de águas residuais.

A falta generalizada de **sistemas de esgoto** nas zonas subterrâneas, especialmente nas cidades de pequeno e médio porte, contribui igualmente para a contaminação do ambiente local e para a proliferação de doenças. Muitos são os casos, inclusive, em que parte da população usa água residual para o seu consumo e as crianças brincam e tomam banho nos esgotos. Paralelamente, o método mais usado para a colocação dos excrementos nestas zonas é o da latrina.

Infelizmente, verifica-se que uma grande parte da população ainda não tem latrina e quem a tem usa-a incorrectamente, o que favorece a ocorrência de doenças de transmissão fecal-oral. Em certas cidades, o que é ainda mais grave, pratica-se, em grande escala e deliberadamente, o fecalismo a céu aberto.

Numa avaliação dos sistemas de abastecimento de água realizada em 1992, em 69 centros urbanos do País, entre cidades e vilas, concluiu-se que:

- 81% das urbes encontram-se sem nenhum sistema de tratamento de água destinada ao consumo humano.
- 64% da população abastecem-se, total ou parcialmente, de água superficial (rios, lagos e nascentes), facilmente sujeitos à contaminação.
- 22% da população abastecem-se, total ou parcialmente, de água proveniente de poços.
- Na maior parte das cidades ocorrem rupturas de *stock* de produtos químicos usados na desinfecção de água.
- O controlo é sanitário insatisfatório, por falta de materiais e transporte.



Latrina

Os problemas de saneamento e abastecimento de água tem reflexos directos nos elevados índices de doenças parasitárias e infecciosas como malária, bilharziose, cólera e diarreias.

As soluções para resíduos resultantes das actividades humanas (e consequente poluição) são a **prevenção** e o **tratamento**. Os resíduos sólidos podem afectar a atmosfera, a água e o solo.

Controlo de pragas

No **controlo biológico** faz-se uso de um organismo para suprimir ou controlar outro que represente uma praga. É uma forma de manipular a natureza para a obtenção de um efeito desejado. Consegue-se reduzir o uso de pesticidas e pode-se efectivamente e economicamente suprimir pragas agrícolas.

O uso do controlo biológico reduz os perigos legais, ambientais e públicos da utilização do uso de produtos químicos.

A maioria dos insecticidas apresenta amplo espectro de actuação e mata de modo não específico outros animais ecologicamente importantes e potencialmente úteis. Os inimigos naturais, usualmente, têm preferências muito específicas por certos tipos de pragas e podem não causar dano algum a outros animais benéficos e a pessoas, havendo menos perigo de impacto sobre o ambiente e qualidade da água. Quando usados adequadamente, vários produtos comerciais para controlo biológico podem ser bastante eficazes.

O uso bem sucedido do controlo biológico requer um grande entendimento da biologia da praga e a dos seus inimigos sendo necessário fazer-se um planeamento e fiscalização intensivos.

Curiosidade

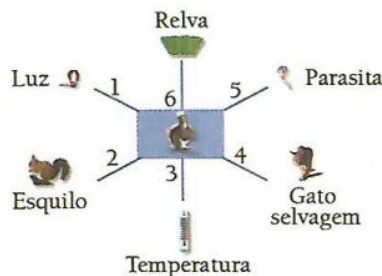
Os inimigos naturais já eram conhecidos desde o século III a.C., quando os chineses utilizavam formigas predadoras para controlo de pragas em citros. No entanto, o primeiro caso de sucesso em controlo biológico foi a introdução, em 1888, na Califórnia (USA), de uma joaninha vinda da Austrália, para controlar uma praga conhecida como pulgão-branco-dos-citros. Após 2 anos da libertação dos insectos predadores a praga estava controlada.



Controlo biológico.

Exercícios propostos

- O que estuda a Ecologia?
- O que é um habitat?
- O que é um ecossistema? Exemplifique.
- O que são os elementos bióticos e abióticos dum ecossistema?
- Qual é a diferença entre um consumidor primário, um secundário e um carnívoro? Dê exemplos de cada um.
- Qual é a diferença entre cadeia e teia alimentar?
- O que são níveis tróficos numa cadeia alimentar? Quais os três níveis tróficos presentes numa cadeia alimentar completa?
- Esquematize uma cadeia alimentar terrestre e uma cadeia alimentar marinha, com consumidores primários e secundários, usando exemplos de organismos conhecidos.
- Qual é a diferença entre habitat e nicho ecológico?
- Esquematize 2 cadeias alimentares em que participe como consumidor primário e terciário, respectivamente.
- Considerando-se um ecossistema aquático um processo de sucessão ecológica, responda:
 - O que ocorre com a biomassa desse ecossistema durante o processo de sucessão?
 - Quando é que a comunidade atingiu o clímax?
- Explique a importância ecológica de algas e fungos.
- Comunidade biótica é o conjunto...
 - De representantes dum mesma espécie.
 - De espécies que vivem numa mesma região.
 - De reacções químicas dum ecossistema.
 - Das relações entre os seres vivos com factores físicos do ambiente.
- Um ecossistema terrestre ou aquático define-se:
 - Pela interacção dos factores abióticos físicos e químicos.
 - Pela interacção de todos os seres vivos.
 - Exclusivamente por todas as associações de seres vivos.
 - Pela interacção dos factores abióticos e bióticos.
- Observe a figura e responda:
 - 3 - 4 - 1
 - 2 - 6 - 5
 - 4 - 3 - 6
 - 1 - 2 - 5



- Os organismos que constituem o primeiro nível dum cadeia alimentar devem ser:
 - Microscópicos.
 - Autotróficos.
 - Heterotróficos.
 - Consumidores.

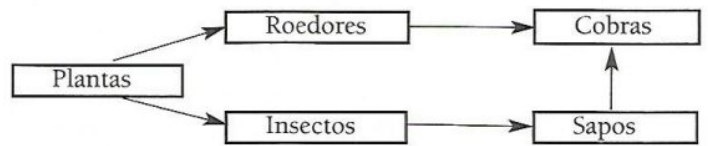
Exercícios propostos

17. Os consumidores terciários ocupam, na cadeia alimentar da qual fazem parte...
- A. O quarto nível trófico.
 - B. O segundo nível trófico.
 - C. O terceiro nível trófico.
 - D. Posição variada.

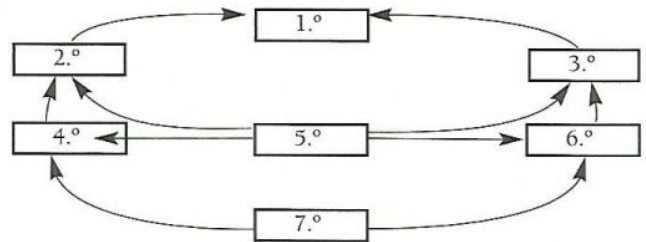
18. Observe a teia alimentar ao lado. Nela são consumidores primários e secundários, respectivamente:
- A. Cobras e águias.
 - B. Gafanhotos e ratos.
 - C. Águias e lagartos.
 - D. Ratos e lagartos.



19. O esquema representa as relações tróficas dum campo. Uma águia que se alimenta de roedores e de cobras é um consumidor de:
- A. Terceira e quarta ordem.
 - B. Segunda, terceira e quarta ordem.
 - C. Quarta ordem.
 - D. Terceira ordem.

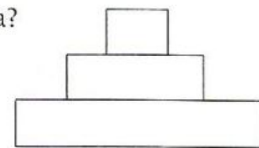


20. Observe a figura da teia alimentar apresentada na questão 18. Um organismo autótrofo e cloroficado deverá ocupar o nível
- A. 1.º
 - B. 3.º
 - C. 5.º
 - D. 6.º



21. O girino do sapo vive na água e, após a metamorfose, passa a viver em terra firme. Quando adulto oculta-se, durante o dia, em lugares sombrios e húmidos para se proteger de predadores e evitar a dessecação. Ao entardecer abandona o seu refúgio à procura de alimento. Acasala na água e vive próximo dos lagos e rios. Esta descrição do modo de vida do sapo representa o seu:
- A. Ecossistema.
 - B. Habitat.
 - C. Nicho ecológico.
 - D. Biótipo.
22. Na teia alimentar as setas indicam o sentido do fluxo de energia. Os números 2, 3 e 4 representam, respectivamente...
- A. Herbívoro, carnívoro e decompositor.
 - B. Herbívoro, carnívoro e produtor.
 - C. Produtor, herbívoro e carnívoro.
 - D. Decompositor, carnívoro e produtor.
23. O ponto final do fluxo direccional de energia num ecossistema está nos...
- A. Consumidores terciários.
 - B. Terciários.
 - C. Consumidores secundários.
 - D. Decompositores.

24. Considere a seguinte pirâmide:
Qual dos seguintes alimentos corresponde à pirâmide considerada?
- A. Bananeira → larva da mosca → protozoário.
 - B. Capim → impala → chita.
 - C. Milho → rato → águia → piolho.
 - D. Alga → zooplâncton → caranguejo → peixe.



Exercícios propostos

25. A maior parte do nitrogénio que compõe as moléculas orgânicas ingressa nos ecossistemas pela acção de...

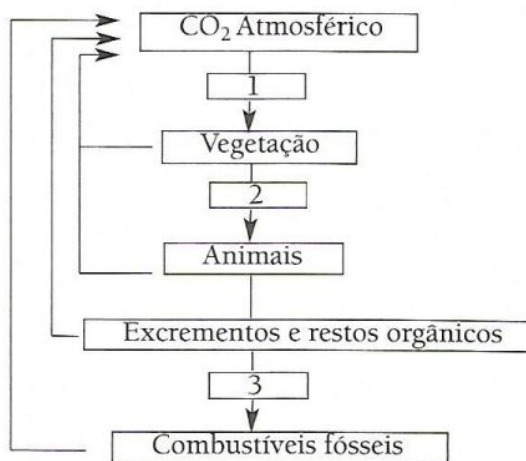
A. Algas marinhas. B. Fungos. C. Bactérias. D. Plantas terrestres.

26. A formação da camada do ozono na atmosfera está directamente ligada ao ciclo

A. Do enxofre. B. Do oxigénio. C. Da água. D. Do nitrogénio.

27. Observe o esquema referente ao ciclo do carbono na biosfera. Indique a resposta falsa.

- A. 1 – produz glicose e liberta O_2
 B. 4 – visa a formação de moléculas orgânicas
 C. 2 – representa um processo de nutrição exclusivo de indivíduos heterótrofos.
 D. 3 – só ocorre se o processo 5, realizado por decompositores, for interrompido.
 E. 6 – denomina-se combustão.



28. Defina espécie biologicamente.

29. Indique os cinco factores abióticos.

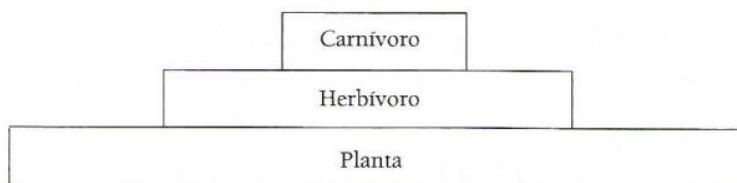
30. Como se classificam os organismos em relação à necessidade de água? Dê um exemplo para cada.

31. Indique uma adaptação animal e uma vegetal à escassez de água.

32. Quando se semeiam vegetais como a cenoura, a alface ou outros muito próximos uns dos outros, estes não se desenvolvem tão bem como se estiverem mais afastados. Porquê? Qual é a relação biótica envolvida neste processo?

33. Distinga predação de parasitismo e dê um exemplo para cada.

34. O diagrama representa uma pirâmide de energia.



a) O que representa a largura dum nível do diagrama?

b) Por que razão a largura dum nível não pode ser maior que a do nível abaixo dele?

35. O que são sucessões destrutivas?

36. Qual é o conceito de poluição?

Exercícios propostos

37. Considere as afirmações:

- I. Sucessão ecológica é o nome que se dá ao processo de transformações graduais na constituição das comunidades de organismos.
- II. Quando se atinge um estágio de estabilidade numa sucessão, a comunidade correspondente é a comunidade clímax.
- III. Numa sucessão ecológica, a diversidade das espécies aumenta inicialmente, atingindo o ponto mais alto no clímax estabilizando-se então.
- IV. Numa sucessão ecológica ocorre aumento de biomassa.

Assinale:

- A. Se todas as afirmações estiverem incorrectas.
- B. Se todas as afirmações estiverem correctas.
- C. Se somente as afirmações 1 e 4 estiverem correctas.
- D. Se somente as afirmações 1 e 4 estiverem incorrectas.
- E. Se somente a afirmações 4 estiver correcta.

38. Quais são os danos provocados pelo derramamento do petróleo no mar?

39. Indique a sequência em que ocorrem os acontecimentos abaixo, causados pelo lançamento numa represa de grande quantidade de esgoto com resíduos orgânicos.

- I. Proliferação de seres anaeróbios.
- II. Proliferação intensa de microorganismos.
- III. Aumento de matéria orgânica disponível.
- IV. Diminuição da quantidade de oxigénio disponível na água.
- V. Morte dos seres aeróbios.

40. A concentração de gás na atmosfera vem aumentando de modo significativo desde meados do século XIX estimando que quadruplicou no ano 2000. Qual dos factores abaixo é o principal responsável por esse aumento?

- A. Ampliação da área de terras cultivadas.
- B. Utilização crescente de combustíveis fósseis.
- C. Crescimento demográfico das populações humanas.
- D. Maior extracção de alimentos do mar.
- E. Extinção de muitas espécies de seres fotossintetizantes.

41. Considere os seguintes itens:

- I. Agrotóxicos que destroem ovos.
 - II. Agrotóxicos que matam larvas.
 - III. Vírus que atacam larvas.
- O controlo biológico de pragas pode ser feito através de apenas:

- A. I B. II C. III D. I e III E. II e III

42. O poluente atmosférico que se liga permanentemente às moléculas de hemoglobina impossibilitando-as de transportar oxigénio às células é o:

- A. Ozono B. Hidrocarbonato C. Dióxido de enxofre
D. Dióxido de carbono E. Monóxido de carbono

Observação de células vegetais

Material:

- Microscópio óptico
- Lâminas
- Lamelas
- Bisturi
- Pinça
- Conta-gotas
- Água destilada

Corantes:

- Água iodada ou soluto de Lugol

Material biológico:

- Polpa da banana



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

Procedimento

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

Observação microscópica de células animais e de seres unicelulares

Material:

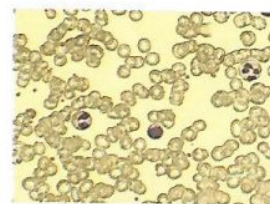
- Microscópio óptico
- Lâminas
- Lamelas
- Bisturi
- Agulha de ponta fina
- Pipeta
- Conta-gotas
- Lamparina
- Fósforos
- Água destilada

Corantes:

- Azul metileno ou água iodada

Material biológico:

- Sangue dum mamífero
- Infusão



Células do sangue de um mamífero.

Procedimento 1

Células de sangue dum mamífero (utilização da técnica do esfregaço)

1. Coloque uma gota de sangue de um mamífero sobre uma lâmina de vidro.
2. Utilizando uma lamela ou uma lâmina, espalhe a gota, reduzindo-a a uma fina película (esfregaço).
3. Coloque a lâmina com o esfregaço na platina do microscópio; observe primeiro com a objectiva de menor ampliação e a seguir com média ou a de maior ampliação.
4. Faça um esquema do que observa.
5. Após a observação, retire a preparação do microscópio e agite-a ao ar até ficar bem seca.
6. Passe a preparação pela chama de uma lamparina durante alguns momentos, tendo o cuidado de não aquecer demasiado (fixação).
7. Coloque sobre a preparação uma gota de azul de metileno e espere 10 minutos para que o corante actue (coloração).
8. Sob um fio de água lave cuidadosamente a preparação, até eliminar o excesso de corante. Deixe secar e observe novamente a preparação ao microscópio.
9. Descreva a forma das células e faça um esquema com a respectiva legenda.

Laboratório

Procedimento 2

Seres unicelulares (microrganismos de uma infusão)

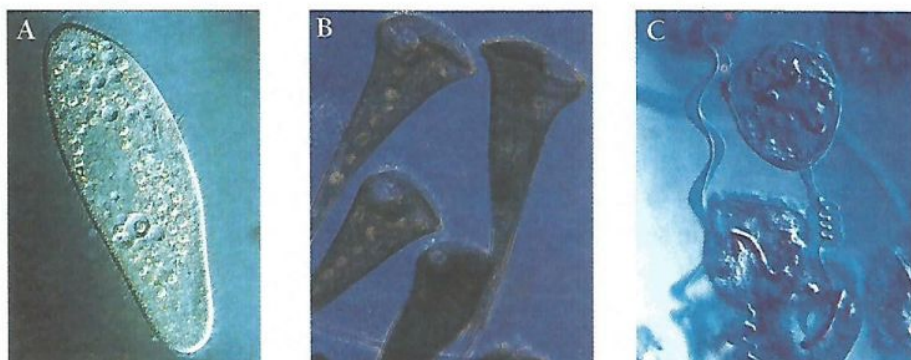
Para observar seres unicelulares prepare previamente uma infusão.

Preparação duma infusão

1. Uma infusão deve ser preparada com 3 a 4 semanas de antecedência a não ser que disponha de água estagnada de charcos.
2. Para preparar uma infusão deve utilizar frascos de vidro com boca larga e capacidade aproximada de 1 litro.
3. Encha o frasco com água da torneira e introduza palha, feno, folhas de alface, salsa e outros vegetais, de preferência em decomposição. Tape com uma placa de vidro. Ao fim de 15 dias começam a aparecer alguns seres vivos, que serão substituídos por outros nas semanas seguintes. Por esta razão, convém fazer várias infusões com 4 a 5 dias de intervalo, a fim de ter colónias diferentes quando fizer as observações.
4. Com o auxílio de uma pipeta ou de um conta-gotas recolha uma gota da parte superficial da infusão.
5. Coloque-a numa lâmina e cubra com a lamela.
6. Observe a preparação ao microscópio, primeiro com a objectiva de menor ampliação e a seguir com a de maior ampliação.
7. Procure desenhar os seres vivos que encontra na preparação e tente identificá-los, recorrendo à bibliografia adequada ou à ajuda do seu professor.

Discussão

Com base nos dados que obteve a partir das observações realizadas com o microscópio óptico, tente distinguir uma célula animal de uma célula vegetal.



Infusão de algumas das espécies mais comuns – *Paramecia* (A), *Stentor* (B), *Vorticella* (C).

Extracção do DNA da cebola

Material:

- Meio copo de cebola picada (50 g)
- Dois copos de 250 ml
- 2 copos medidores (ou provetas de 50 ml)
- 1 bastão fino de vidro
- 1 espátula
- Funil de coador de café
- Filtro de papel (café)
- Banho-maria a 60 °C
- Água filtrada ou destilada
- Sal de cozinha (ou NaCl)
- Detergente para a louça transparente
- Álcool etílico comercial gelado (ou etanol 95%)
- Gelo moído
- Liquidificador (opcional)

Procedimento

1. Coloque quatro colheres de sopa de detergente e uma colher das de chá de sal em 20 ml de água num copo, mexendo bem até dissolver completamente.
2. Coloque a cebola picada no copo com a solução de detergente e sal, e leve ao banho-maria por exactamente 15 minutos a 60 °C.
3. Retire a mistura do banho-maria e arrefeça rapidamente, colocando o copo no gelo durante cerca de 5 minutos.
4. Filtre a mistura, recolhendo o filtrado num copo limpo.
5. Adicione ao filtrado cerca de meio copo de álcool etílico comercial gelado, deixando-o escorrer vagorosamente pela borda.
6. Espere alguns minutos. Irão formar-se bolhas e o DNA vai precipitar.
7. Mergulhe o bastão no copo, com movimentos circulares cuidadosos. Não mexer muito as camadas para não partir as moléculas do DNA.
8. Os «fios» esbranquiçados e pegajosos formados são aglomerados de muitas moléculas de DNA e ficarão presos na ponta do bastão de vidro.
9. Deixe secar sobre uma estante e ressuspenda o DNA em água ou solução de Cloreto de sódio a 4%.

Importante:

- Qual é a função do detergente? O detergente emulsiona gorduras, ou seja, actua nas membranas da célula que são formadas de fosfolipídeos, desestruturando-as.
- Qual é a função do sal? O NaCl em solução dissocia-se em Na⁺ e Cl⁻. Estes iões interagem com os fosfatos das moléculas da DNA, tornando-as neutralizadas e estabilizadas, mas menos solúveis na água.
- Qual é a importância da temperatura? O calor ajuda a degradar a parede celular e lisa da célula. À temperatura de 60 °C as enzimas são parcialmente desnaturadas, inclusive aquelas que poderiam danificar o DNA. A posterior colocação do extracto num banho de gelo diminui a frequência de quebras na molécula de DNA.
- Qual é a função do liquidificador? Ajuda a partir as paredes e as membranas celulares. Não se deve utilizar o liquidificador por mais de 5 segundos pois o DNA poderá ser degradado.
- Qual é a necessidade de filtrar o extracto? A filtração retira os restos celulares. O filtrado contém o DNA e outras moléculas.
- Qual é a função do álcool etílico? O álcool etílico desidrata ainda mais as moléculas de DNA, retirando-as da solução. O resultado pode ser visualizado como uns filamentos esbranquiçados que são as várias moléculas de DNA emaranhadas. Não é possível visualizar a dupla-hélice pois esta estrutura só pode ser observada de modo indirecto e através de aparelhos sofisticados.

Observação: pode usar outros materiais vegetais como a ervilha, o kiwi e o morango.

Observação da mitose na raiz da cebola

Material

- | | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Cebolas com raízes novas • Microscópio óptico • Bisturi e pinça • Agulhas de dissecação • Vidros de relógio | <ul style="list-style-type: none"> • Conta-gotas • Lâminas e lamelas • Papel de filtro • Lamparina de álcool • Pincel | <ul style="list-style-type: none"> • Solução deorceína acética* • Solução de ácido clorídrico e álcool • Solução de álcool acético • Água destilada. |
|---|--|--|

Preparação das soluções

Solução de ácido clorídrico e álcool (1:1): misturar igual volume de ácido clorídrico e etanol 95%.

Solução de álcool acético (3:1): misturar 70 ml de etanol absoluto e 30 ml de ácido acético.

Orceína acética: misture 1 g de orceína e 55 ml de água. Aqueça sem deixar ferver, deixe esfriar e acrescente 45 ml de ácido acético glacial.

Laboratório

Procedimento

Obtenção de cebolas com raízes novas

1. Raspar suavemente as raízes secas da cebola com o bisturi.
2. Colocar a cebola sobre um frasco cheio de água de modo que somente a extremidade raspada fique em contacto com o líquido. (Para evitar que a cebola «mergulhe» no copo pode usar palitos para sustentá-la na altura conveniente).
3. Deixar as cebolas neste sistema por 3 ou 4 dias.

Preparação das lâminas

1. Escolher duas ou mais raízes jovens.
2. Retirar as raízes com a pinça, tomando o cuidado de não segurá-las pela extremidade «livre», pela região onde ficam presas ao bulbo da cebola.
3. Colocar as cebolas em solução de álcool acético por 10 minutos. Esta solução fixadora mata as células mas não danifica as suas estruturas.
4. Lavar as raízes em água destilada.
5. Colocar as raízes em solução de HCl e álcool por 5 minutos. Esta é a solução de hidrólise que quebra a camada de pectina nas paredes celulares vegetais.
6. Lavar com água destilada.
7. Colocar as raízes em solução deorceína acética (corante) e manter por 10 minutos.
8. Colocar as raízes sobre uma lâmina e cobrir com uma lamela.
9. Cubra a lamela com papel absorvente e aperte delicadamente usando o polegar.
10. Observe a lâmina ao microscópio, primeiro com a pequena ampliação e depois com a maior.
11. Faça os esquemas legendados das figuras de mitose que tiver identificado.
12. Lembre-se de usar o óleo de imersão sobre a lamela e de limpar as lentes do microscópio após o uso.

Discussão

1. Porque utilizamos as extremidades das raízes novas e não outra parte qualquer da cebola?
2. O que é a mitose?
3. Quais são as características que determinam cada fase da mitose?
4. Quais são as etapas da mitose que foram evidenciadas na actividade experimental?
5. Todas as células observadas estavam na mesma fase da mitose?
6. Porque se usa aorceína acética?

Determinação dos grupos sanguíneos do sistema ABO

Material

- Lâminas de vidro
- Marcadores
- Lancetas descartáveis
- Varetas finas de vidro
- Conta-gotas
- Álcool a 90 °C
- Algodão hidrófilo
- Soro anti-A
- Soro anti-B
- Soro anti-AB



Procedimento

1. Utilizando os marcadores, escreva em 3 lâminas de vidro as indicações anti-A, anti-B e anti-C (A).
2. Desinfecte a polpa do dedo anelar com algodão humedecido em álcool. Deixe secar com a lanceta num movimento rápido e firme.
3. Comprima suavemente o dedo, de modo a fazer cair uma gota de sangue sobre cada uma das lâminas. Desinfecte o local da picada com álcool.
4. Deite na parte central de cada uma das lâminas uma gota do respectivo soro (B).
5. Com o auxílio duma vareta, misture o soro com a gota do seu sangue. Utilize para cada tipo de soro uma vareta de vidro diferente (C).
6. Deixe repousar alguns minutos e observe.
7. Registe as suas observações, num quadro semelhante ao seguinte.

Soro	Reacção observada
Anti-A	
Anti-B	
Anti-C	

Discussão

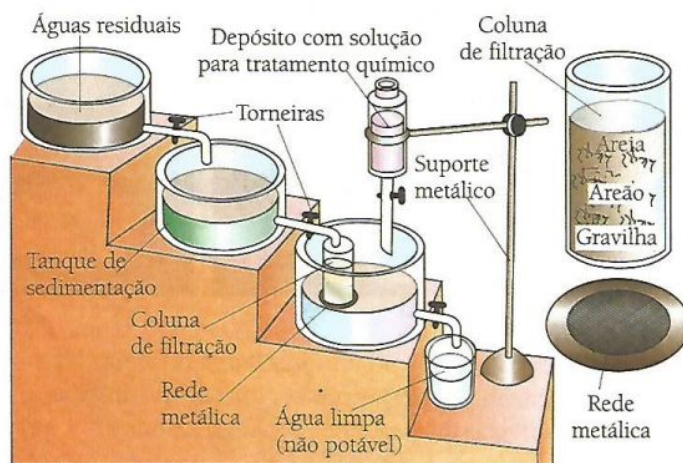
- Como interpreta os resultados obtidos?
- Com base nesses resultados, identifique o seu tipo de sangue.
- Mencione o(s) tipo(s) de sangue que poderá receber, se necessitar duma transfusão sanguínea. Justifique a resposta.
- Registe os grupos sanguíneos dos seus colegas e, com base nesses resultados, calcule a percentagem de cada um dos grupos sanguíneos existentes na turma.

Reciclagem de águas residuais

Esta actividade exemplifica, através de um dispositivo que se pode montar no laboratório da escola, um método de «limpeza» de águas residuais por processos físicos e químicos e permite obter água novamente utilizável, mas não potável.

Material

- Água residual
- Lixívia
- Água
- Gravilha, areão e areia
- Tinas de precipitação
- Suporte metálico
- Prateleiras desniveladas
- Rede metálica
- Cilindro sem fundo



Procedimento

1. Com o material indicado, construa um dispositivo como o da figura apresentada na página anterior.

Nota: Caso não disponha do material requerido, poderá estudar com o seu professor um modo de substituir as prateleiras desniveladas, as tinas, o suporte metálico e a coluna de filtração, improvisando dispositivos alternativos, mas que possam proporcionar um mecanismo equivalente. A coluna de filtração é um cilindro sem fundo, assente livremente sobre a rede metálica, com a gravilha, o areão e a areia, tal como se indica na figura.

2. No primeiro recipiente deite as águas residuais.
3. Faça uma solução desinfectante de 5 ml de lixívia num litro de água e deite-a no depósito de tratamento químico.
4. Abrindo a torneira, vá juntando um pouco da solução desinfectante ao líquido filtrado pela coluna, a fim de eliminar os microrganismos patogénicos.
5. Deixe repousar durante dois dias a água obtida no final, até formar um resíduo. Findo esse tempo, deite-a com muito cuidado para outro recipiente, evitando que leve resíduos.

Nota: Neste tratamento de águas residuais não se utilizou o processo biológico, que é muito complexo e dependente do tipo de resíduos orgânicos que existem nas águas. De qualquer modo, os tratamentos físicos e químicos realizados permitem obter uma água muito diferente da original – mais limpa mas, evidentemente, não potável.

Discussão dos resultados

1. Qual é o aspecto da água lançada no primeiro recipiente?
2. O que sucede de mais significativo nos dois primeiros recipientes?
3. Qual é o papel da coluna de filtração?
4. Faça referência à finalidade da solução desinfectante.
5. Que aspecto tem a água obtida no final do processo?
6. Indique algumas hipóteses de utilização da água final do resíduo que fica no recipiente.

Outras actividades

- Organizar um dossier sobre problemas ambientais no mundo com notícias de jornais ou revistas. Para cada notícia faça um pequeno comentário ou destaque o que considera fundamental.
- Visitar estações de tratamento de águas e de lixos.
- Participar em campanhas de Educação Ambiental.
- Com os seus colegas de turma, planear e realizar várias actividades ligadas a visitas a museus, como por exemplo o Museu de História Natural ou através da internet pesquisar sobre a evolução e biodiversidade das espécies e organizar um dossier versando os animais em extinção na sua província.

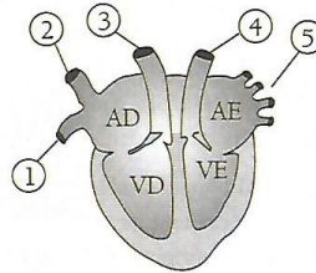


Leia com atenção o enunciado e responda na sua folha de exame.
Na margem direita está indicada, entre parênteses, a cotação de cada pergunta, em valores.

Cotação

1. O esquema da figura ao lado representa o coração de um mamífero.

- a) Que números indicam artérias?
- b) Que números indicam veias?
- c) Indique os números dos vasos por onde circula o sangue:
 - arterial.
 - venoso.

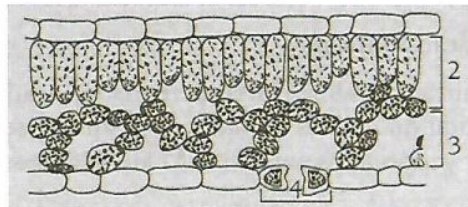


(0,6)
(0,9)
(1,5)

2. Transcreva para a sua folha de exame a afirmação correcta:

- | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------|---------------|--------------------------|---------------|----------------------|---------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> a) As trocas gasosas ocorrem: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">A. Na traqueia.</td> <td style="width: 50%;">C. Nos brônquios e bronquíolos.</td> </tr> <tr> <td>B. Na boca e no nariz.</td> <td>D. Nos alvéolos.</td> </tr> </table> b) A fecundação ocorre normalmente: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">A. Na vagina.</td> <td style="width: 50%;">C. Na trompa de Falópio.</td> </tr> <tr> <td>B. No ovário.</td> <td>D. No colo do útero.</td> </tr> </table> | A. Na traqueia. | C. Nos brônquios e bronquíolos. | B. Na boca e no nariz. | D. Nos alvéolos. | A. Na vagina. | C. Na trompa de Falópio. | B. No ovário. | D. No colo do útero. | <p>(0,5)</p> <p>(0,5)</p> |
| A. Na traqueia. | C. Nos brônquios e bronquíolos. | | | | | | | | |
| B. Na boca e no nariz. | D. Nos alvéolos. | | | | | | | | |
| A. Na vagina. | C. Na trompa de Falópio. | | | | | | | | |
| B. No ovário. | D. No colo do útero. | | | | | | | | |

3. A figura representa um órgão vegetal.



- a) Identifique-o. (0,4)
- b) Faça a legenda. (0,8)
- c) Que funções desempenha este órgão na planta? (0,6)

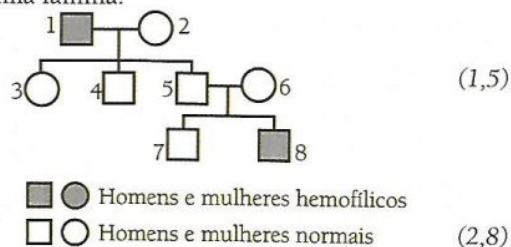
4. Utilizando os números e as letras, faça a correspondência entre as fases da Mitose da coluna A com os acontecimentos da coluna B. (1,5)

Coluna A
1 – Anáfase
2 – Telófase
3 – Profase
4 – Metafase

Coluna B
a. Forma-se o fuso acromático.
b. Os cromossomas dispõem-se no equador da célula.
c. Divide-se o centrómero.
d. Reaparece o invólucro nuclear e o nucléolo.
e. Os cromátídeos irmãos migram para pólos opostos.

5. O esquema ao lado representa a transmissão da hemofilia numa família.

- a) Indique os possíveis genótipos de cada membro da família. (utilize a letra H/h)
- b) Suponha que o indivíduo 7 case com uma mulher hemofílica. Represente-o num quadro de cruzamento e indique a proporção fenotípica e genotípica dos descendentes.



6. Transcreva para a sua folha de exame a opção correcta.

Os tripletos ATG TGC GCA CAT do código do ADN correspondem, respectivamente, aos seguintes codões transcritos no ARN-m.

- A. CGU UAC GUA ACG
 B. UAC ACG GUA ACG
 C. UAC ACG CGU GUA
 D. GUA CGU ACG UAC

(0,8)

7. Dado o seguinte cariótipo de um determinado indivíduo: 44 autossomas + XXY.

- a) Que anomalia genética ele apresenta?
 b) Mencione três (3) características apresentadas por este indivíduo.

(0,8)

(1,5)

8. A evolução implica um desenvolvimento lento, ao longo de grandes períodos de tempo.

Indique três (3) factores que possam sustentar a teoria da evolução.

(1,5)

9. Transcreva para a sua folha de exame a opção que contém a sequência lógica dos níveis de organização dos seres vivos.

- A. Organismo – população – comunidade – ecossistema
 B. Organismo – comunidade – população – ecossistema
 C. População – organismo – comunidade – ecossistema
 D. População – comunidade – organismo – ecossistema

(0,5)

10. Dados os seguintes seres vivos: cobra, milho, pássaro, fungos, gafanhoto.

Indique:

- a) O produtor.
 b) Os consumidores.
 c) O decompositor.
 d) Com base nos mesmos seres, construa uma cadeia alimentar.

(0,3)

(0,9)

(0,3)

(1,5)

FIM

R e s o l u ç ã o

1.
 A. 3 e 4
 B. 1, 2 e 5
 Sangue arterial: 4 e 5
 Sangue venoso: 1, 2 e 3

2.
 a) D
 b) C

3.
 A. corte transversal de uma folha
 B. 1. Epiderme superior
 2. Parênquima em paliçada
 3. Parênquima lacunoso
 4. Estoma

4.
 1 - c, e
 2 - d
 3 - a
 4 - b

5.
 a)
 1. Hh
 2. Hh ou hh
 3. Hh
 4. hh
 5. hh
 6. Hh
 7. hh
 8. Hh

b)

Homem/Mulher	H	H
h	hH	hH
h	hH	hH

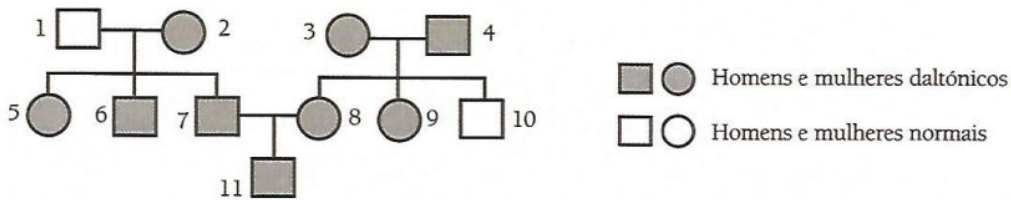
Fenótipo
 Se nascer rapaz, será hemofílico 100%
 Se nascer rapariga, será portadora 100%

Genótipo
 Hh - 100%

6. C
 7. a) Síndrome de Klinefelter
 b) Os homens são mais altos e estéreis, QI baixo e membros longos.
 8. Registos fósseis, a analogia e a homologia das estruturas.
 9. A
 10.
 A - Milho
 B - Cobra, gafanhoto, pássaro
 C - Fungos

E x a m e

7. O esquema representa a transmissão do daltonismo numa família.



- a) Quais são os números referentes às mulheres que podem ser portadoras? (0,9)
- b) Suponha o casamento do homem 11 com uma mulher de visão normal mas portadora. Represente o cruzamento num quadro de Punnet e indique a proporção genotípica e fenotípica dos descendentes. (2,4)
8. A posição da flor no caule da ervilheira é determinada por um par de alelos. As flores que crescem nas axilas das folhas são produzidas pela acção do gene dominante T e as que crescem terminalmente no caule são determinadas pelo seu alelo recessivo, t. Que proporção de fenótipos produziria na F₁ o cruzamento de uma planta híbrida com uma planta homocigótica dominante? Represente os resultados num xadrez mendeliano. (1,4)
9. A hemofilia é uma doença humana ligada ao sexo e determinada por um gene recessivo. Considerando que a hemofilia está localizada no cromossoma X. Transcreva e complete o quadro, indicando os fenótipos correspondentes aos números 1, 2, 3, 4 e 5. (1,4)
10. Os embriões dos vertebrados apresentam características semelhantes até um determinado estágio do seu desenvolvimento.
- a) Mencione duas (2) dessas características. (0,8)
- b) Qual é o significado dessas semelhanças? (0,8)
11. Dados os seres vivos: feijoeiro, sapo, fungo, gafanhoto e cobra.
- a) Construa uma cadeia alimentar. (0,3)
- b) Identifique: (0,3)
- o produtor. (0,9)
 - os consumidores. (0,3)
 - o decompositor.

FIM

1. Células, tecidos, órgãos, sistemas, organismo.
2. a) C – Intestino delgado
b) B – Alvéolos pulmonares
3. a)
A – Aprumada
B – Fasciculada
C – Aprumada tuberculosa
D – Fasciculada tuberculosa
b) Fixar a planta ao solo, absorver água e sais minerais e acumular substância de reserva.
4. Fácil cultivo, produz muitas sementes, reprodução por autofecundação, características fenotípicas facilmente observáveis.
5. **Fenótipo** – conjunto dos caracteres observáveis aparentes de um indivíduo, devido essencialmente aos factores hereditários (genótipo) e em certa medida à influência exercida pelas condições do meio ambiente.
Alelo dominante – é o alelo que determina a propriedade de uma característica que irá ser expressada.
Heterozigótico – um organismo é heterozigótico para uma determinada característica quando um mesmo gene é representado por alelos diferentes.
6. a) Nucleótidos
b) Um grupo fosfato, uma pentose e uma base azotada.
7. a) 3 e 5
b) D – Gene portador de daltonismo
d – Gene não portador de daltonismo

Homem\Mulher	D	d
D	DD	Dd
d	dD	dd

25 % apresentam um par de alelos com daltonismo.

25 % apresentam um par de alelos sem daltonismo.

50 % são portadores de um alelo relativo ao daltonismo, ou seja, se a descendência for masculina apresentará daltonismo, mas se for feminina não apresentará.

8. **Genótipo:** 50% TT e 50% Tt
Fenótipo: 100%, pois TT e Tt manifestam-se com o mesmo fenótipo, pois T é dominante.

F ₁	T	t
T	TT	Tt
T	TT	Tt

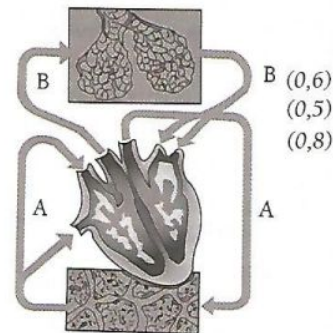
9.
 - 1 – Não hemofílico
 - 2 – Hemofílico
 - 3 – Não hemofílico
 - 4 – Hemofílico
 - 5 – Não hemofílico

- 10) a) **fossas branquiais** – existem na região do pescoço; são aberturas que conduzem a bolsas branquiais, dando origem, nos peixes, a fendas branquiais e às guelras. Nos vertebrados superiores desaparecem ou dão origem a estruturas internas, como a Trompa de Eustáquio que liga a faringe ao ouvido, canal auditivo, etc.;
- coração** – nas aves e nos mamíferos inicialmente surge um tubo com duas cavidades, que se mantém nos peixes, depois passa a apresentar três cavidades com mistura de sangue (anfíbios) e, por último, passa a quatro cavidades (aves e mamíferos).
- b) Em determinados grupos de animais, as relações de parentesco são mais facilmente percebidas na fase embrionária do que na fase adulta. Nas fases precoces do desenvolvimento embrionário existem semelhanças entre os embriões das diferentes classes dos vertebrados. Essas semelhanças podem ser explicadas se pensarmos que, no decorrer do processo embrionário, se esboça o plano estrutural básico do corpo que todos herdaram de um ancestral comum.
11. a) feijoeiro – gafanhoto – sapo – cobra – fungo
- b) Produtor – feijoeiro
 Consumidores – gafanhoto, sapo, cobra
 Decompositor – fungo

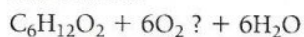
Leia com atenção o enunciado e responda na sua folha de exame.
Na margem direita está indicada, entre parênteses, a cotação de cada pergunta, em valores.

Cotação

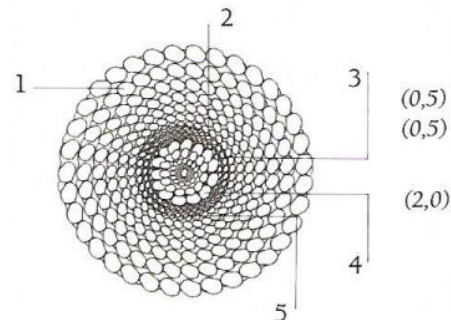
1. Observe com atenção a figura que representa a circulação do sangue no nosso corpo, impulsionado pelo batimento do coração.
- Das letras A e B qual é a que representa a pequena circulação?
 - Descreva resumidamente o trajecto da pequena circulação.
 - Mencione duas (2) funções do sangue no organismo, durante a circulação sanguínea.



2. A equação que se segue refere-se a um processo vital que ocorre em algumas células:



- De que processo se trata?
 - Em que organelo celular ocorre?
3. A figura representa a estrutura de um órgão vegetal, vista em corte transversal.
- Identifique o órgão a que pertence a estrutura representada pela figura.
 - Faça a legenda.
 - Relativamente à figura indique:
 - os números que representam os tecidos condutores;
 - o tipo de substâncias conduzidas por cada um deles.



4. Na base dos resultados das suas investigações sobre o mecanismo da hereditariedade, Mendel estabeleceu algumas leis.
- Represente um cruzamento entre rosas com flores vermelhas (B) e rosas com flores brancas (b) em que se evidencia a 1.ª lei de Mendel.
 - Enuncie a respectiva lei.
 - Cruzando entre si os descendentes de F1 (da alínea a) que proporções genotípicas e fenotípicas se esperam? Apresente num quadro de cruzamento.

5. «António pertence ao grupo sanguíneo B e a sua irmã ao grupo A. O pai de ambos é do grupo A e a mãe do grupo AB. A mulher do António é do grupo A e têm um filho do grupo B. O marido da irmã do António é do grupo AB. Este casal tem uma filha do grupo AB.»
- Com os dados acima, construa uma árvore genealógica.
 - Indique na árvore genealógica o genótipo possível de cada indivíduo.
 - Admita a hipótese dos dois primos se casarem. Use o quadro de Punnet para determinar as probabilidades de grupos sanguíneos para os descendentes e expresse essas probabilidades em fenótipos e genótipos.

6. Como se designa a unidade básica dos ácidos nucleicos? (0,5)
7. Transcreva para a sua folha a resposta certa.
- a) A função biológica da meiose é a(o)... (0,7)
- A. crescimento do organismo.
B. formação de gâmetas.
C. multiplicação de células.
D. regeneração das células.
- b) A sequência das fases da divisão celular (mitose) é... (0,7)
- A. anafase, telofase, metafase e profase.
B. profase, metafase, anafase e telofase.
C. metafase, profase, telofase e anafase.
D. telofase, profase, anafase, e metafase.
8. Os líquenes são formados pela associação de dois tipos de organismos.
- a) Quais são esses tipos de organismos? (0,8)
- b) Explique o tipo de interacção entre esses dois organismos. (0,8)
9. O que entende por Paleontologia? (0,6)
10. Quais os três (3) grupos ecológicos dos seres vivos que fazem parte de uma cadeia alimentar? (1,2)
11. Apresente esquematicamente uma cadeia alimentar com três grupos ecológicos com base nos seguintes seres vivos: homem, galinha, fungos, milho. (1,6)

FIM

1. a) Grande circulação – A, pequena circulação – B
 b) Na pequena circulação o sangue sai do ventrículo direito passa para a artéria pulmonar, para as artérias pulmonares, depois para as arteríolas pulmonares, capilares pulmonares, vénulas pulmonares, veias pulmonares e retorna ao coração pela aurícula esquerda do coração.
 c) Transporte de nutrientes desde os locais de absorção até às células dos diferentes órgãos.
 Transporte de oxigénio para as células do nosso corpo.
 Papel importante no sistema imunológico.

2. a) Oxidação de açúcar, ou seja, respiração.
 b) Mitocôndria

3. a) Raiz de uma dicotiledónea

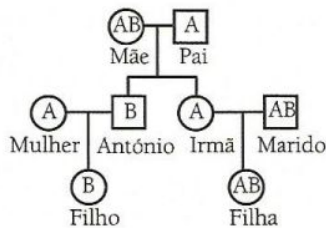
- b) 1. Córtex 2. Endoderme 3. Periciclo 4. Xilema 5. Floema

4. a) Assumindo que B é dominante em relação a b
 100% do fenótipo é vermelho
 100% do genótipo é heterozigótico, Bb
 b) Lei da segregação independente dos factores.
 c) Assumindo que B é dominante a relação a b
 25% Brancas (bb), 75%, Vermelhas (BB+Bb)
 25% bb, 25% BB e 50% Bb
 50% homozigóticos e 50% heterozigóticos

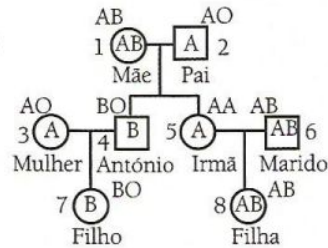
	B	B
b	bB	bB
b	bB	bB

	b	B
b	bb	bB
B	Bb	B

5. a)



- b)



- c) Fenótipo

25% sangue AB, 25% sangue B, 25% sangue A, 25% Sangue B

Genótipo

• 25% homozigótico BB

• 75% heterozigótico AB+AO+BO

	A	B
B	AB	BB
O	AO	BO

• 25%AB, 25% BB, 25% AO, 25%BO

6. Nucleótido

7. a) B
 b) B

8. a) Os líquenes são associações simbióticas entre algas e fungos.

b) Simbiose. É uma relação interespecífica e mutuamente vantajosa para dois ou mais organismos vivos.

9. Ciência natural que estuda a Vida do passado da Terra e seu desenvolvimento ao longo do tempo geológico, bem como os processos de integração da informação biológica no registo geológico.

10. Produtor, consumidor e decompositor.

11. Milho, (produtor) – galinha (consumidor) – homem (consumidor) – fungo (produtor).

Unidade 1: Base Citológica da Hereditariedade

1. B. 2. C. 3. E.
 4. E. 5. B. 6. D.
 7. A. 8. C. 9. C.
 10. D. 11. B. 12. E.
 13. A. 14. A. 15. B.
 16. B. 17. E. 18. C.
 19. D. 20. D. 21. D.
 22. A. 23. C. 24. D.
25. Mitose, uma célula produz duas idênticas.
 26. Mitose: divisão celular onde uma célula produz duas idênticas à célula geradora, ocorre na reprodução de seres unicelulares, regeneração de tecidos e crescimento. Não ocorrendo mitose não haverá reposição de células mortas, ocasionando perda de tecido.

Unidade 2: Genética

1. B. 2. A. 3. B. 4. D. 5. A. 6. C.
7. Genes são segmentos da molécula de DNA, localizados nos cromossomas, estruturas intranucleares.
 8. Genótipo é a constituição genética do indivíduo. Fenótipo é qualquer aspecto de um organismo resultante da interação do genótipo com o meio ambiente.
 9. E 10. D
 11. a) 1/4 BB; 1/2 Bb; 1/4 bb
 b) 3/4 pretas; 1/4 brancas
 13. a) Autossômica Recessiva. b) Autossômica Recessiva.
 c) Autossômica Dominante.
 14. O é doador universal por não apresentar aglutinogênios nas hemácias. AB é receptor universal por não possuir aglutininas no plasma.
 15. D. 16. C.
 17. O anti-Rh é produzido nos organismos Rh negativos que recebem, injectado, sangue Rh⁺.
 18. A. 19. B. 20. A.
 21. D.
 22. Porque provoca variações necessárias às modificações das espécies.
 23. a) A mãe, portadora do gene para daltonismo (d) situado no cromossoma X.
 b) Ocorreu na segunda divisão.
 24. B. 25. O. 26. A.
 27. A. 28. B. 29. E.

Unidade 3: Evolução

1. No fixismo os seres vivos eram o resultado de um acto divino, e as espécies mantinham-se inalteradas ao longo do tempo desde a sua criação enquanto no evolucionismo ou transformismo os seres vivos que existem actualmente na Terra são resultado da evolução ou transformação de seres vivos que existiram no passado. Ou seja, as espécies de seres vivos relacionam-se umas com as outras e alteram-se ao longo do tempo.
 2. Pasteur colocou em vários frascos de vidro vários líquidos facilmente alteráveis em contacto com o ar, tais como uma suspensão de levedura de cerveja em água e açúcar, urina, suco de beterraba, água de pimenta, etc. Depois aqueceu e puxou os gargalos dos frascos, moldando-os de forma a que ficassem semelhantes a um S e deixando que os seus conteúdos fervessem por vários minutos até que os vapores saíssem livremente pelas estreitas aberturas existentes nas partes superiores dos gargalos.
 3. Provou que os seres vivos originavam-se a partir de outros seres vivos.
 4. Archeopterix (considerada a primeira ave, ainda apresenta escamas na cabeça, dentes, garras e cauda com ossos, apesar de já ostentar asas e penas).
 Pteridospérmicas, ou os «fetos com sementes» são plantas que parecem ter sido as precursoras no surgimento das sementes.
 5. Filo: *Chordata*
 Classe: *Mammalia*
 Ordem: *Primata*
 Superfamília: *Hominioidea*
 Família: *Hominidae*
 Género: *Homo*
 Espécie: *Homo Sapiens*
 Sub-espécie: *Homo sapiens sapiens*
 6. *Homo sapiens*
 7. *Homo sapiens neanderthalensis*.
 8. A marcha bípede libertou os membros anteriores e, consequentemente, as mãos para o trabalho. O cérebro desenvolvido permitiu melhorar progressivamente a produção de utensílios e a comunicação entre os membros do grupo.
 9. B. 10. C. 11. A.
 12. (C)(B)(A) 13. (A)(C)(B)
 14. A. 15. C. 16. C.
 17. E. 18. D. 19. A.
 20. E. 21. C 22. D.
 23. B. 24. C. 25. D.
 26. B. 27. B.
 28. a) III-II-I.
 b) Mutações e recombinação.
 c) Com o isolamento reprodutivo as populações tendem a cruzar somente entre si ocasionando o aparecimento de mais características diferentes entre as populações.
 29. B. 30. D.
 31. D. 32. D.

Unidade 4: Ecologia

1. É o estudo das relações entre os seres vivos e o ambiente onde vivem.
2. É o local onde vive determinada espécie, por exemplo, o habitat dos facoceros.
3. É uma unidade auto-suficiente onde há intercâmbio de matéria e energia. Corresponde ao conjunto de seres vivos duma determinada região e dos factores físicos e químicos do meio, com todas as suas interações como, por exemplo, um aquário.
4. Os elementos bióticos são representados pelos seres vivos, por exemplo, fungos, protozoários, animais, algas, plantas e certas bactérias, e os abióticos são representados pelas condições químicas e físicas do meio, por exemplo, o clima e nutrientes minerais.
5. Consumidores primários são os herbívoros, os que se alimentam directamente dos produtores (por exemplo, a impala); os consumidores secundários, alimentam-se dos primários, (por exemplo, o crocodilo), e os omnívoros alimentam-se de tudo, tanto dos secundários como dos primários, por exemplo, o Homem.
6. Uma cadeia alimentar é uma sequência linear em que os organismos servem de alimento uns para os outros. Nos ecossistemas quando as cadeias alimentares se relacionam entre si formam uma teia alimentar.
7. Os níveis tróficos são as três categorias de organismos que apresentam uma cadeia alimentar completa: nível dos produtores, dos consumidores e dos decompositores.
8. erva → gafanhoto → pássaro → cobra
Fitoplâncton → zooplâncton → carapau → garoupa
9. O habitat corresponde apenas ao lugar do ecossistema em que determinada espécie habita, enquanto o nicho ecológico engloba todas as relações e actividades que a espécie desempenha no seu habitat.
10. Cenoura → Homem
Produtos → Consumidor primário

Fitoplâncton → Carapau → Garoupa → Homem
Produtos Consumidor primário Consumidor secundário Consumidor terciário
11. a) Durante a sucessão, aumenta a diversidade de espécies e também a quantidade de organismos da comunidade. Deste modo pode dizer-se que a biomassa do ecossistema aumenta durante a sucessão e tende a tornar-se máxima na comunidade clímax, que encerra o processo.
b) A fase de clímax será atingida quando se estabelecer no local uma comunidade com grande diversidade e quantidade de organismos. Tal comunidade será muito estável, com grande número de nichos e teia alimentar. Essa comunidade será capaz de assimilar com relativa facilidade possíveis distúrbios e oscilações ambientais e tenderá a não se modificar mais, a não ser que ocorra interferência humana ou uma grande catástrofe ambiental, como a erupção dum vulcão.
12. As algas constituem os produtos dos ecossistemas aquáticos, transformando substâncias inorgânicas (CO₂ e H₂O) em compostos orgânicos, à custa da energia luminosa e produzindo nesse processo grande parte de O₂, utilizado na respiração das plantas e dos animais. Em última análise, eles são responsáveis por capturar a energia proveniente do sol e transferi-la, dessa forma, no ecossistema. Os fungos desempenham o papel de decompositores no ecossistema, reduzindo os cadáveres de animais e vegetais a moléculas simples, que serão novamente utilizadas na síntese de mais matéria orgânica pelos produtores.
13. C. 14. D. 15. B.
16. B. 17. A. 18. D.
19. B. 20. C. 21. C.
22. A. 23. D. 24. B.
25. C. 26. B. 27. B.
28. Conjunto de seres vivos que possuem características semelhantes e que são capazes de se reproduzir entre si, gerando descendentes férteis.
29. Temperatura, a luz, a humidade e tipo de solo.
30. **Hidrófilos** – seres vivos que vivem permanentemente na água.
Ex.: Tubarão, algas.
Higrófilos – só sobrevivem em ambientes muito húmidos e têm uma grande dependência da água, por isso vivem perto dela.
Ex.: Rã, musgo.
Mesófilos – seres vivos que necessitam de água, sem depender sempre dela.
Ex.: Homem, cão.
Xerófilos – seres vivos que conseguem sobreviver longos períodos sem água.
Ex.: Camelo, cacto.
31. Excreções contendo pouca água em animais e, no caso das plantas, os cactos que têm as suas folhas transformadas em espinhos para evitar perdas de água pela transpiração.
32. Devido à competição pela luz, água e sais minerais no solo. A relação biótica é a competição.
33. Na predação, a presa morre imediatamente para alimentar o predador enquanto no parasitismo, o hospedeiro não morre imediatamente, vai enfraquecendo podendo ou não acabar por morrer.
Predação: leão e zebra.
Parasitismo: carraça e cão.
34. a) Cada nível ou degrau da pirâmide representa um nível trófico. A largura do nível indica a quantidade de energia fixada pelos organismos.
b) Porque em cada nível trófico a energia é empregue na manutenção da vida dos organismos, na construção dos seus corpos e boa parte acaba por ser dissipada como calor. Deste modo, a energia de cada nível é sempre menor que a do nível que está abaixo dele.
35. Provocam a distribuição do biótopo e nunca atingem o clímax.
36. Alteração do equilíbrio ecológico provocado por resíduos produzidos, principalmente, pelo homem.
37. Impermeabiliza a superfície impedindo a passagem de oxigénio.
39. iii – II – IV – V – I.
40. B. 41. C. 42. E.

B i b l i o g r a f i a

Amabis, J. M.; Martho, G. R. *Biologia das Populações 3*, 1.^a Edição, Editora Moderna, São Paulo, 2003.

Darwin, Charles. *A Origem das Espécies*, Publicações Europa-América, 2005.

Domingues, Helena Vaz; Batista, José Augusto, Sobral, Marília Serrano. *O Mistério da Vida, Ciências Naturais* 7.^o ano, 4.^a Edição, Texto Editora, Lisboa 2001.

Grachane, António Alberto, Müller Susann. *Biologia Pela Prática* 10.^a Classe, 1.^a Edição, Moçambique Editora, 2002, Maputo.

Jones, K. C.; Gaudin, A. J. *Introdução à Biologia*, 3.^a Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, 2000, Lisboa.

Ferrão, Jorge. *Apontamentos de Fauna Bravia*, não publicado, sd.

Oliveira, Elsa; Pedrosa, Carmen; Pires, Rosa. *Ciências da Terra e da Vida – Do Big-Bang à Célula*, 10.^o ano, 3.^a Edição, Texto Editora, 2002, Lisboa.

Pedrosa, Carmen; Oliveira, Elsa; Pires, Rosa. *Ciências da Terra e da Vida – Da Célula ao Universo*, 11.^o ano, 2.^a Edição, Texto Editora, 2002, Lisboa.

Purves, W. K.; Sadava, D.; Orians, G. H.; Heller, H. C. *Life: The Science of Biology*, 7.^a Edição, Sinauer Associates Inc. USA, 2004.

Ribeiro, Elsa; Silva, João Carlos; Oliveira, Óscar. *BioDesafios, Biologia* 12.^o ano, 1.^a Edição, Edições Asa, 2009, Lisboa.

00 2.0/30

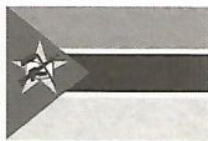
20 30

00 00



Harith Omar Morgadinho Farooq

Licenciado em Biologia, pela Universidade de Aveiro, Portugal. Actualmente frequenta o último ano de Mestrado em Biologia Marinha, na mesma Universidade. Participou em vários trabalhos científicos ligados à área de estudo.



HINO NACIONAL

Pátria Amada

Na memória de África e do Mundo
Pátria bela dos que ousaram lutar
Moçambique o teu nome é liberdade
O sol de Junho para sempre brilhará.

Coro

Moçambique nossa terra gloriosa
Pedra a pedra construindo o novo dia
Milhões de braços, uma só força
Ó pátria amada vamos vencer.

Povo unido do Rovuma ao Maputo
Colhe os frutos do combate pela Paz
Cresce o sonho ondulado na Bandeira
E vai lavrando na certeza do amanhã.

Flores brotando do chão do teu suor
Pelos montes, pelos rios, pelo mar
Nós juramos por ti, ó Moçambique
Nenhum tirano nos irá escravizar.



B10



Já à venda:

- Agro-Pecuária 9
- Biologia 9
- Educação Visual 9
- Física 9
- Geografia 9
- História 9
- Inglês 9
- Português 9
- Química 9
- Física 10

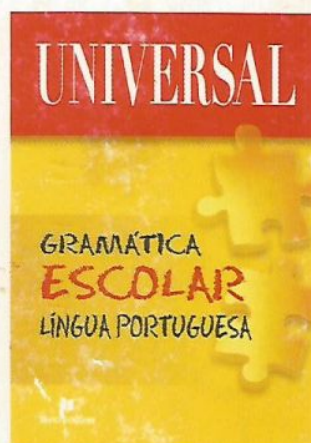
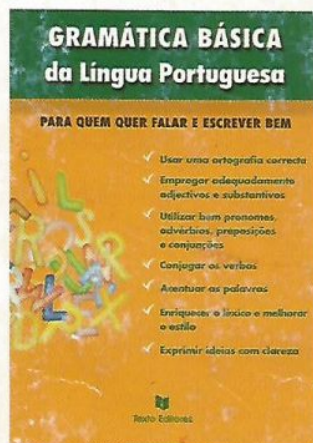
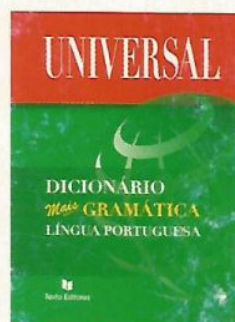
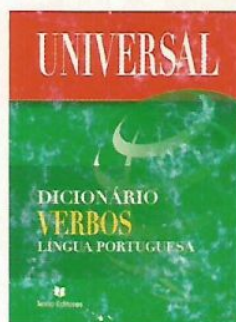
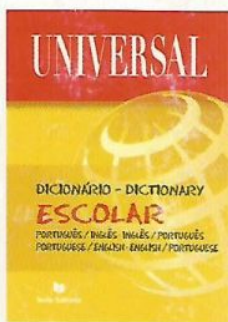
Brevemente:

- Matemática 9
- Matemática 10
- Educação Visual 10
- Português 10
- Química 10



Texto Editores

Publicações de referência para apoio ao ensino



 www.leya.com	 E-n all: info@me.com.mz	978-902-47-5429-8
		 9 789 024 754298