

Biologia 10

Diversidade na biosfera

A Biosfera

- A **biosfera** encontra-se organizada por níveis hierárquicos e corresponde ao nível mais elevado. Reúne todos os ecossistemas da Terra, e define-se como o conjunto de regiões do planeta onde existe vida.
- Na hierarquia biológica podemos destacar: átomos — moléculas — organitos celulares — células — tecidos — órgãos — sistema de órgãos — organismo — população — comunidade — ecossistema.
- Os átomos reúnem-se quimicamente e dão origem às diferentes moléculas inorgânicas e orgânicas (proteínas, lípidos, glícidos e ácidos nucleicos).
- As moléculas orgânicas organizam-se em partes especializadas da célula com estrutura e função particulares, os organitos.
- **Célula** é a unidade estrutural e funcional dos seres vivos.
- **Tecido** é um grupo de células, morfológica e quimicamente semelhantes, que realizam uma função específica no organismo.
- Diversos tipos de tecido constituem um **órgão**, que assegura uma função específica e que, ao funcionar integradamente com outros órgãos, forma um sistema de órgãos.
- Os **sistemas de órgãos** no seu conjunto constituem o **organismo**, entidade viva capaz de manter a sua organização, obter e usar energia, crescer, responder a estímulos de modo a manter a homeostasia.
- Os organismos podem ser **unicelulares** (constituídos por uma célula) ou **pluricelulares** (mais que uma célula). Os seres vivos podem ser classificados em espécies. **Espécie** é um conjunto de populações activas de organismos com características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais semelhantes, que podem cruzar-se entre si e originar descendentes férteis.
- Um conjunto de indivíduos da mesma espécie que se encontram na mesma região geográfica constitui uma **população** (biológica).
- **Comunidade** é um conjunto de populações inter-relacionadas que, simultaneamente, ocupam determinada área geográfica. Os membros da comunidade interagem entre si com o ambiente em que vivem, o **biótopo**.
- **Ecossistema** é o conjunto de todos os organismos presentes numa determinada área em interacção com o seu meio ambiente.
- A **biodiversidade** refere-se à enorme variedade dos organismos que nos rodeia e que apresentam múltiplas dimensões morfológicas e modos de nutrição, para além de se distribuírem por todas as regiões do planeta, mesmo as mais inóspitas.
- **Cadeia alimentar** é um esquema que representa as relações tróficas (alimentares) que se estabelecem entre os seres vivos de um ecossistema e que envolvem transferência de matéria e energia.
- O conjunto de cadeias alimentares de um ecossistema que se inter-relacionam constitui uma **teia alimentar** ou **rede trófica**.
- De acordo com a forma de obtenção do alimento, encontramos no ecossistema **produtores, consumidores e decompositores**.
- O primeiro componente de qualquer cadeia alimentar é um produtor que capta energia de fontes inorgânicas (como a energia luminosa no caso dos seres fotossintetizantes, ou energia química nos seres quimiossintetizantes) utilizando-a para sintetizar compostos orgânicos.
- **Consumidores** são todos os seres de uma cadeia alimentar que utilizam directa ou indirectamente a energia captada pelos produtores e que se encontra armazenada nas suas moléculas orgânicas.
- **Decompositores** são seres que degradam matéria orgânica morta e reciclam elementos químicos, obtendo nesse processo energia e nutrientes.
- A **transferência de energia** nas cadeias alimentares é **unidireccional** e a quantidade de energia presente num nível trófico é sempre maior que a energia disponível para ser transferida para o nível seguinte. Em cada nível trófico parte da energia é dispensada sob a forma de calor ou eliminada, por exemplo, nas fezes.
- Os **factores abióticos** (biótopo) são as condições físicas e químicas, não vivas, no meio ambiente. Os principais são **temperatura, água, luminosidade e solo**.
- Os organismos de um ecossistema tendem a adaptar-se às condições ambientais que se encontram em permanente mudança.
- Se houver alterações, os ecossistemas tendem a evoluir no sentido de repor o equilíbrio.
- O Homem provoca constantemente alterações nos ecossistemas, diminuindo a capacidade de adaptação dos organismos, provocando muitas vezes o desaparecimento e a **extinção** (eliminação de uma espécie aquando da morte do último indivíduo que a representa) de espécies.
- Causas de risco de extinção de espécies:
 - **Destruição ou fragmentação do habitat** (desflorestação, construção de vias de comunicação, turismo intenso, poluição);
 - **Introdução de novas espécies** que passam a competir com as espécies locais (autóctones). Estas novas espécies também podem ser parasitas ou predadores.
 - **Sobreexploração**, ou seja, procura excessiva das regiões naturais (agrícolas, florestas, cinegéticas e piscícolas);

- **Aumento da consanguinidade** em populações isoladas devido a mudanças no seu habitat, reduzindo-se assim o potencial genético;
- **Alterações das condições ambientais:** Chuvas ácidas, produtos químicos e intensificação de efeito de estufa.
- As **consequências** para o homem da extinção de espécies são:
 - Redução da biodiversidade (diminui a capacidade de adaptação das populações a alterações do meio);
 - Alterações no equilíbrio de ecossistemas;
 - Diminuição de alimentos e matérias-primas;
 - Erosão dos solos.
- Dada a grande importância da biodiversidade, o homem deve procurar a **conservação** das espécies, identificando as que se encontrem em vias de extinção, assim como as causas da sua diminuição, e anulando ou invertendo as causas que provocam a extinção das espécies.
- A nível nacional e internacional deve-se:
 - Criar áreas protegidas: parques e reservas naturais;
 - Educar a sociedade promovendo atitudes que não agredam o ambiente;
 - Criar legislação específica que permita controlar as populações em risco;
 - Proteger locais de reprodução e abrigo.
 - Reciclar e tratar resíduos.
- Em Portugal existem diversas áreas protegidas: O Parque Nacional Peneda-Gerês, Parques Naturais, Reservas Naturais, Paisagens Protegidas, Monumentos Naturais e Geomonumentos.

A célula

- Robert Hooke (século XVII) foi o primeiro a observar com um microscópio composto (com ocular e objectiva) caixinhas vazias que denominou «cell», por lhe lembrarem celas, e que mais tarde deu origem ao termo **célula**.
- Muitos outros investigadores continuaram o estudo das células de animais e plantas. Estes estudos possibilitaram a Schleiden e Schwann, em 1839, formular a **Teoria Celular** que actualmente assenta nas seguintes premissas:
 - A célula é a unidade estrutural e funcional de todos os seres vivos.
 - Qualquer célula provém de outra célula.
 - A divisão celular é o processo que permite a reprodução de células.
- As células dos organismos vivos podem dividir-se, segundo o seu nível de organização, em células **procarióticas** e **eucarióticas**.
- A célula **procariótica** é desprovida de membrana nuclear e organitos membranosos e o(s) seu(s) cromossoma(s) não possui(em) histonas.
- As células **eucarióticas** podem apresentar diversas formas e tamanhos. Possuem três constituintes fundamentais: membrana, citoplasma e núcleo, para além de um sistema membranar desenvolvido.
- A presença ou ausência de determinados organitos torna possível distinguir 2 tipos de células eucarióticas: **animais** e **vegetais**.
- As células vegetais possuem parede celular rígida, vacúolos muito desenvolvidos e plastos, nomeadamente os cloroplastos, ausentes nas células animais. Centríolos, lisossomas e flagelos são exclusivos das células animais.

Principais componentes celulares, estrutura e função:

- **Membrana plasmática:** Invólucro que delimita e protege as células, controlando as trocas de substâncias entre a célula e o meio, para além de detectar e reconhecer mensagens através de receptores específicos.
- **Núcleo:** Controla a actividade celular. É limitado por uma membrana com poros.
- **Mitocôndria:** Central energética das células. Possui uma dupla membrana, sendo que a interna forma invaginações designadas por cristas mitocondriais.
- **Cloroplasto:** Possui uma dupla membrana. É o local onde se dá a transformação da energia luminosa em energia química (matéria orgânica).
- **Vacúolo:** Nas células vegetais armazena água, grande número de enzimas hidrolíticas e compostos diversos (alguns tóxicos), mas principalmente regula trocas de água e iões entre a célula e o meio.
- **Parede celular:** Invólucro externo à membrana plasmática que confere rigidez às células. Nas algas e nas plantas é de natureza celulósica.
- **Ribossomas:** Sintetizam proteínas.
- **Complexo de Golgi:** Conjunto de cisternas, vesículas e vacúolos. Intervêm na síntese, na secreção e formação de lisossomas, no armazenamento e transformação de proteínas e na síntese de glúcidos.

- **R. E. Rugoso:** Rede de canais e de bolsas membranas, com ribossomas. Participa na síntese de proteínas.
- **R. E. Liso:** Rede de canais e bolsas membranas. Sintetiza ácidos gordos, fosfolípidos.
- **Citoesqueleto:** Estrutura intracelular complexa constituída por finíssimos tubos e filamentos proteicos. Principais funções:
 - Define a forma da célula e organiza a sua estrutura interna;
 - Permite a adesão das células a células vizinhas;
 - Possibilita o deslocamento de materiais no interior da célula.
- **Centríolos:** Conjuntos de microtúbulos, mantidos unidos por proteínas adesivas.

Constituintes básicos

Todas as células são constituídas por moléculas idênticas, de natureza mineral e orgânica. Constituintes inorgânicos ou minerais:

- **Água** — é a molécula mais abundante; a percentagem nas células e nos organismos é em geral superior a 60%, mas pode atingir 95% nas alforrecas. A sua importância biológica decorre das seguintes particularidades:
 - Embora seja electricamente neutra, comporta-se como se apresentasse um pólo positivo e um pólo negativo, o que lhe confere elevada capacidade reactiva com a maior parte das moléculas e iões — **solvente**.
 - Quando na proximidade de outra molécula de água, estabelece com ela uma força de atracção entre os pólos negativo e positivo, oxigénio e hidrogénio, respectivamente, estabelecendo-se uma **ponte de hidrogénio** entre ambas, o que garante forte **coesão molecular**.
 - Apresenta elevada capacidade calorífica, isto é, é capaz de absorver grandes quantidades de calor com pequenas elevações de temperatura. Como é o principal componente dos seres vivos, confere-lhes estabilidade térmica, não obstante as oscilações bruscas do meio — **reguladora térmica**.
- **Sais minerais** têm funções **estruturais** e **reguladoras**. São pouco abundantes mas essenciais, por exemplo:
 - nas reacções bioquímicas, como activadores moleculares;
 - na formação do esqueleto e dentição dos animais;
 - na actividade muscular e nervosa;
 - na mobilização da energia.

Constituintes orgânicos:

• São moléculas características da vida, constituídas por um reduzido número de elementos químicos (C, O, H, N), e subdividem-se em: glúcidos, lípidos, prótidos e ácidos nucleicos. Em cada um destes grupos há uma hierarquia, desde os monómeros às macromoléculas ou polímeros.

- **Monómeros** são moléculas de baixo peso molecular e podem ligar-se a outros constituindo dímeros, trímeros e polímeros.
- **Polímeros** são macromoléculas com funções estruturais, energéticas, enzimáticas, armazenamento e transferência de informação.

• **Glúcidos, glícidos ou hidratos de carbono** são compostos ternários de carbono, oxigénio e hidrogénio, em que o oxigénio e o hidrogénio entram na mesma proporção em que se encontram na molécula de H₂O, isto é, 2:1.

A sua fórmula geral é C_n(H₂O)_n, variando o valor de n entre 3 e 7. Se:

n = 3 → C₃H₆O₃ — triose

n = 4 → C₄H₈O₄ — tetrose

n = 5 → C₅H₁₀O₅ — pentose

n = 6 → C₆H₁₂O₆ — hexose

n = 7 → C₇H₁₄O₇ — heptose

• **Monossacarídeos** — também designados oses, são os glúcidos mais simples. São as unidades estruturais dos glúcidos, monómeros, já que entram na composição dos dissacarídeos e dos polissacarídeos. Destacam-se pela sua importância biológica as pentoses (ribose e desoxirribose) e as hexoses (glicose e frutose).

• **Dissacarídeos** — resultam da união de dois monossacarídeos através de uma reacção de condensação. Estabelecem uma ligação glicosídica com eliminação de uma molécula de água (glicose + glicose → maltose + H₂O).

• **Polissacarídeos** — são polímeros de monossacarídeos, isto é, macromoléculas resultantes da união de monómeros através de ligações glicosídicas. Exemplos:

- amido — reserva energética das plantas;
 - glicogénio — reserva energética dos animais;
 - celulose — molécula estrutural da parede celular das células vegetais e muito abundante na madeira, no algodão, no linho.
- Os polissacarídeos por hidrólise originam dissacarídeos e monossacarídeos. As funções são: energética e estrutural.

Lípidos

- São compostos ternários de C, O e H a que se podem juntar outros elementos como o P, o S e o N, onde se incluem as gorduras e também as ceras e os esteróides.
- São insolúveis na água e solúveis em solventes orgânicos como o benzeno, o éter e o clorofórmio.

- É um grupo muito heterogéneo onde se destacam, pela sua importância biológica: — triglicéridos — são constituídos por glicerol e ácidos gordos ligados entre si por ligações éster e têm funções energéticas.
- fosfolípidos — têm na sua composição ácido fosfórico associado ao glicerol e aos ácidos gordos. A parte da molécula constituída por ácido fosfórico é designada por «cabeça» e, como possui carga negativa, atrai moléculas de água — hidrofílica; ao contrário, a «cauda», contém os ácidos gordos, não tem afinidade com a água — hidrofóbica.
- Moléculas **anfipáticas** são formadas por uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica e são estas moléculas que definem a estrutura de todas as membranas celulares.
- Os lípidos podem ter as seguintes funções:
 - energética (triglicéridos)
 - estrutural (fosfolípidos)
 - reguladora (hormonas como a progesterona e a testosterona)

Prótidos

- São compostos quaternários de C, O, H e N, podendo ter associados outros elementos como o Fe, Cu, P, Mg e S.
- São três os níveis de organização deste grupo de biomoléculas:
 - **Aminoácidos** — constituem os monómeros e há na natureza, apenas, 20 diferentes. Todos possuem um grupo amina (NH₂) e um grupo carboxilo (COOH) distinguindo-se entre si pelo radical R.
 - **Péptidos** — resultam da união de 2 ou mais aminoácidos, estabelecendo entre si ligações peptídicas, covalentes, com eliminação de uma molécula de água por cada ligação peptídica formada.
 - **Proteínas** — são polímeros de aminoácidos e constituem macromoléculas de elevado peso molecular, formadas por uma ou mais cadeias polipeptídicas. A estrutura básica da proteína resulta do número, do tipo e da sequência de aminoácidos e, apesar de existirem 20 monómeros, há uma diversidade imensa de proteínas. A sua estrutura tridimensional é mantida por ligações ténues, pelo que alterações de factores ambientais, como a temperatura e o pH, podem conduzir à sua inactivação.
- São múltiplas as **funções** das proteínas, já que estas moléculas estão presentes em todos os processos biológicos. Destacam-se as funções:
 - **enzimática** — actuam como catalisadores biológicos em todas as reacções químicas celulares;
 - **estrutural** — estão presentes em todas as membranas da célula e dos seus organitos membranares;
 - de **transporte** — muitos iões e moléculas são transportados por proteínas. Por exemplo, o O₂ é transportado pela hemoglobina;
 - **hormonal** — hormonas como a insulina, a adrenalina e outras actuam na regulação do organismo;
 - de **reserva** — a albumina do ovo e algumas proteínas contidas nas sementes funcionam como reserva para o desenvolvimento de novos organismos.

Ácidos nucleicos

- Foram identificados em primeiro lugar no núcleo, donde deriva o seu nome, embora existam também no citoplasma de todas as células. Há dois tipos de ácidos nucleicos: ácido desoxirribonucleico — DNA segundo a terminologia inglesa — e ácido ribonucleico — RNA.
- São polímeros de nucleótidos.
- Cada **nucleótido** é um monómero formado por uma base azotada, uma pentose (glúcido) e um grupo fosfato. Os nucleótidos ligam-se através de ligações covalentes, constituindo cadeias polinucleotídicas.
- O RNA possui uma cadeia polinucleotídica simples e o DNA é constituído por duas cadeias ligadas entre si através de pontes de H, dispostas em sentidos opostos (antiparalelas).
- A sequência de nucleótidos dos ácidos nucleicos constitui um código que permite o armazenamento, a utilização e a transmissão da informação genética tanto nas células como nos organismos, sendo estas as funções destas importantes moléculas.

Obtenção da matéria pelos seres heterotróficos

Unicelularidade *versus* pluricelularidade

- Todos os organismos (unicelulares e pluricelulares) necessitam de matéria para o seu crescimento, obtenção de energia e divisão celular.
- Alguns utilizam outros seres vivos como alimento e, depois de os reduzir a pequenas moléculas, servem-se delas para o seu metabolismo: são **heterotróficos** e o processo designa-se heterotrofia.
- Há dois tipos de nutrição por **heterotrofia**:

Absorção

Os fungos e algumas bactérias lançam enzimas para o meio decompondo em pequenas moléculas o substrato orgânico onde se instalam. Depois desta **digestão extracelular** e extra-corporal, as moléculas atravessam as membranas celulares e participam em reacções metabólicas.

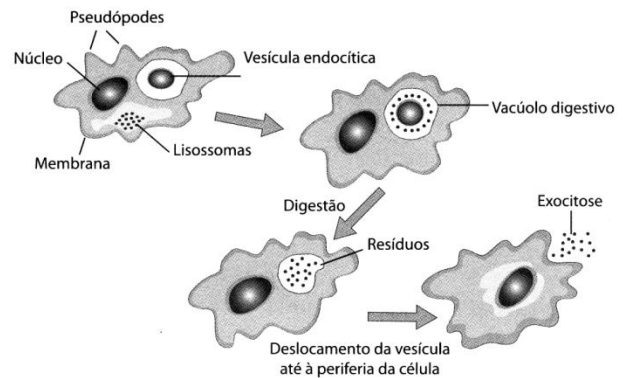
Ingestão

Os animais e alguns seres unicelulares incorporam os alimentos e só depois é que os degradam por digestão intracorporal e intracelular.

• Nos organismos unicelulares heterotróficos, a digestão é intracelular e realiza-se do mesmo modo que nas células que têm capacidade de incorporação de macromoléculas ou mesmo de pequenos organismos como acontece com os leucócitos (glóbulos brancos) na sua função de defesa contra as bactérias patogénicas.

• Na **digestão intracelular**, a membrana plasmática desempenha um papel muito importante na formação de vesículas de **endocitose** onde são incorporadas macromoléculas ou partículas. Por acção de enzimas libertadas por lisossomas as vesículas endocíticas constituem **vacúolos digestivos** e as macromoléculas ou partículas dão lugar a pequenas moléculas que podem integrar o metabolismo celular. A eliminação de resíduos faz-se por **exocitose**.

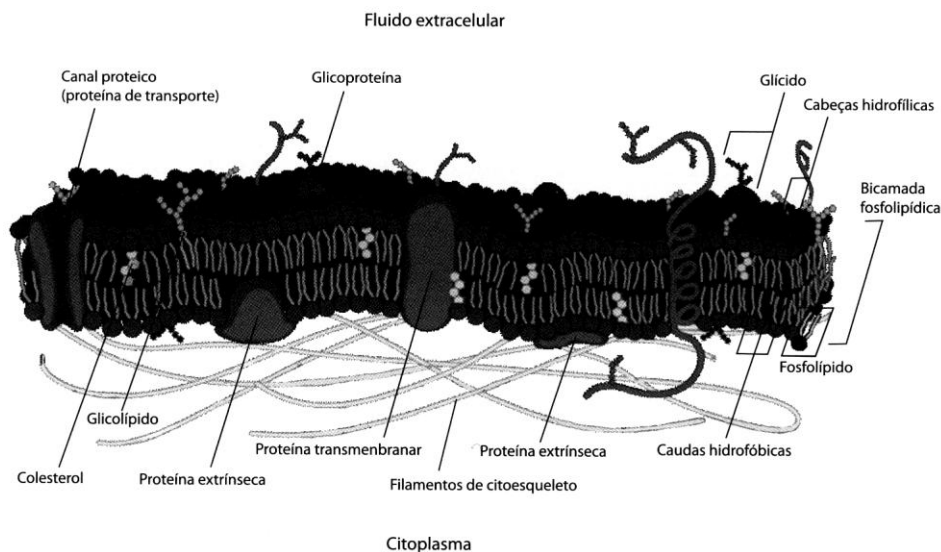
• É a fluidez da membrana plasmática que permite a formação de vesículas de endocitose e de exocitose e também a passagem de substâncias do meio externo para o meio interno e vice-versa — transporte transmembranar.



Ultraestrutura da membrana plasmática

• Todas as células partilham uma característica fundamental: a composição da membrana plasmática.

É formada por uma dupla camada de fosfolípidos a que se associam proteínas que a atravessam ou a ladeiam. Às proteínas e aos fosfolípidos estão ainda ligados, do lado externo da membrana, glúcidos que têm o papel de sensores e têm o nome de glicocálix.



A sua fluidez possibilita que, através de correntes citoplasmáticas se formem invaginações ou pseudópodes que quando se unem dão origem a uma vesícula de endocitose ou de exocitose.

- Se o material incluído no interior da vesícula endocítica for de natureza sólida, ocorre **fagocitose**.
- Se o material incluído no interior da vesícula endocítica for de natureza líquida, ocorre **pinocitose**.

A membrana plasmática confere a cada célula individualidade e capacidade para estabelecer trocas com o meio, dado que controla e regula a entrada e a saída de substâncias — **permeabilidade selectiva**.

Transporte transmembranar

Osmose — É a passagem da água do meio hipotónico para o meio hipertónico, no sentido de equilibrar os meios.

Difusão simples — As partículas do soluto deslocam-se a favor do gradiente de concentração.

Difusão facilitada — As partículas do soluto deslocam-se a favor do gradiente de concentração mas a uma velocidade superior à esperada, devido à intervenção de proteínas da membrana chamadas permeases.

Transporte activo — As partículas do soluto deslocam-se contra o gradiente de concentração com gasto de energia (ATP).

Gradiente de concentração — É a diferença de concentração entre os meios separados pela membrana.

Meio hipertónico — Apresenta uma elevada concentração de solutos.

Meio hipotónico — Apresenta uma baixa concentração de solutos.

Meio isotónico — A concentração de solutos é idêntica nos meios em contacto. Estabelecem-se trocas entre os meios e há equilíbrio dinâmico entre eles.

Plasmólise — Em meio hipertónico, a velocidade de saída da água tende a reduzir o volume celular.

Turgescência — Em meio hipotónico, a velocidade de entrada da água na célula é alta e o volume da célula tende a aumentar.

Nas células animais se o volume da célula aumentar muito, a membrana plasmática desagrega-se ocorrendo **lise celular**.

Evolução dos sistemas digestivos nos animais

- Para uma maior eficácia no aproveitamento dos nutrientes dos alimentos, os animais desenvolveram sistemas digestivos de complexidade crescente à escala evolutiva.

- Na **hidra** de água doce, o sistema digestivo é **simples e incompleto**. Consiste num único orifício, que serve de boca e ânus, e numa **cavidade gastrovascular** onde ocorre a digestão parcial dos alimentos ingeridos. A digestão completa-se no interior das células que revestem a cavidade gastrovascular e é, portanto, intracorporal e intracelular.

- Na **planária**, o tubo digestivo, embora incompleto, apresenta maior desenvolvimento. Ao orifício, por onde entram os alimentos e são eliminados os resíduos, segue-se uma faringe versátil que actua no processo de ingestão e uma **cavidade gastrovascular** ramificada que facilita o aproveitamento dos nutrientes.

- Na **minhoca**, o tubo digestivo é **completo**, apresenta boca e ânus e há diferenciação em órgãos com funções específicas: faringe, esófago, papo, moela e intestino. Também a absorção intestinal de nutrientes é facilitada por uma prega dorsal chamada tiflosole.

- No **homem** e nos vertebrados, o tubo digestivo é **completo e especializado**. A digestão mecânica e química faz-se ao longo de um tubo digestivo com órgãos diferenciados e especializados tanto na digestão como na absorção dos nutrientes. À boca, faringe, esófago, estômago e intestino associam-se glândulas secretoras de enzimas. A nível intestinal, a presença de vilosidades amplia a área de absorção.

- Nos tubos digestivos completos e compartimentados há maior eficácia na função digestiva, atendendo a que:

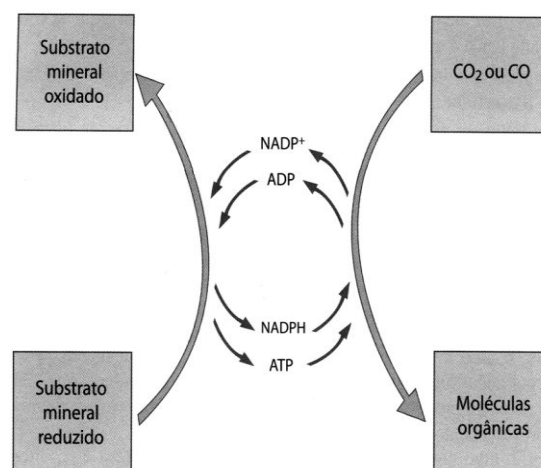
- os alimentos se deslocam num único sentido;
- a acção digestiva é gradual e sequencial;
- a absorção de nutrientes é mais prolongada e completa.

Obtenção de matéria pelos seres autotróficos

- Os seres vivos que sintetizam moléculas orgânicas a partir de moléculas inorgânicas e uma fonte de energia são seres **autotróficos** e utilizam o processo de **autotrofia**. De acordo com a fonte de energia utilizada na produção de matéria orgânica a partir de matéria mineral, distinguem-se dois processos de autotrofia:

Quimiossíntese

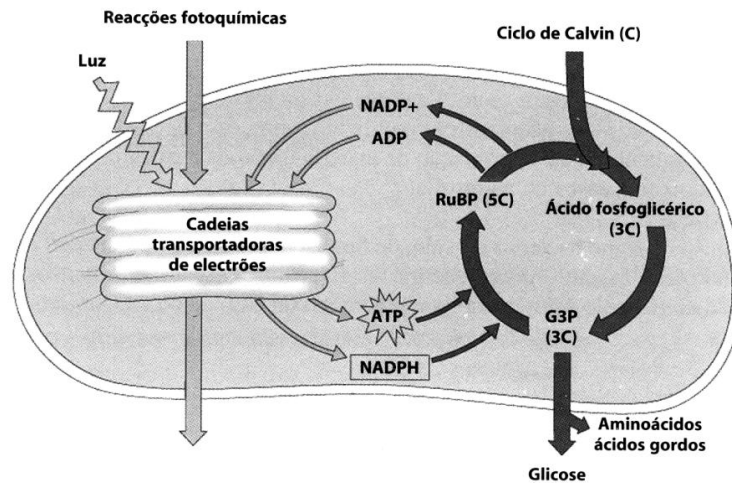
- Há organismos como bactérias do solo, de fundos marinhos onde a luz não chega e junto às fontes hidrotermais, que utilizam energia resultante da oxidação de substratos minerais (com libertação de H^+ e electrões) para fixar o carbono do CO_2 ou do CO na forma de moléculas orgânicas.



- Estes organismos constituem a base das cadeias alimentares dos ecossistemas em que se inserem, tal como os que realizam a fotossíntese.

Fotossíntese

- Os **pigmentos fotossintéticos** como a clorofila, os carotenos e as xantofilas captam a energia luminosa e, por reacções de oxidação-redução, obtêm energia que convertem em ATP.
- A água fornece electrões e iões hidrogénio para as referidas reacções e liberta O_2 para o meio.



- Segue-se um ciclo de reacções químicas, catalisadas por enzimas e independentes da luz, onde a energia obtida nas reacções fotoquímicas fica sequestrada na forma de compostos orgânicos por fixação de carbono inorgânico proveniente do CO_2 ou do CO .
- As cianobactérias, unicelulares e procariontes são seres fotoautotróficos primitivos. Algas e plantas também são fotoautotróficos mas, mais evoluídos, já apresentam organitos especializados na fotossíntese: os cloroplastos.
- Os **cloroplastos** são organitos semiautónomos das células a que pertencem. Apresentam uma dupla membrana sendo a interna constituída por lamelas (tilacóides) onde se dispõem os diversos pigmentos. É aí que têm lugar as reacções fotoquímicas. O interior do cloroplasto designa-se estroma, possui ribossomas e DNA circular mergulhados num fluido semelhante ao citoplasma. É aí que têm lugar as reacções da fase química ou ciclo de Calvin.

Distribuição de matéria

O transporte nas plantas

- As plantas desenvolveram um sistema de tecidos condutores de água e nutrientes, paralelamente a um sistema eficaz de absorção de água do solo e a um sistema de revestimento para evitar a perda excessiva de água.
- A água e sais minerais que constituem a **seiva xilémica** são, em geral, absorvidos pela raiz e transportados por um tecido condutor, o **xilema**. Esta absorção, que pode ser activa (resultante da pressão radicular) ou passiva (processo osmótico) depende das condições de humidade do solo e está directamente relacionada com a taxa de transpiração.
- O **xilema** é um tecido constituído por vários tipos de células, a maioria delas mortas, destacando-se as que colocadas topo a topo sem paredes transversais têm como função a condução de água.

Transporte no xilema

- Existem duas hipóteses para explicar a subida de água no xilema: a da **pressão radicular** e a da **adesão-coesão-tensão**.

Hipótese da pressão radicular

A **pressão radicular** é um importante mecanismo auxiliar na translocação de água no xilema. A água do solo é absorvida pelas células epidérmicas do sistema radicular por osmose. Quando as células da raiz apresentam um conteúdo hídrico baixo e uma pressão osmótica superior à do solo, a água e os sais nela dissolvidos deslocam-se para a região central, atingindo o xilema.

- A absorção de sais minerais pode ser **passiva**, por difusão e fluir para o interior das raízes dissolvidas na água absorvida. As plantas podem retirar igualmente sais do solo por **transporte activo**.
- Evidencia-se por fenómenos como a **gutação** (saída de água através de estomas modificados) e **exsudação**. A gutação arrasta consigo sais minerais de que a planta necessita.
- Podemos indicar algumas limitações a esta hipótese:
 - Esta pressão só explica a subida da água até alturas de aproximadamente 30 cm.
 - Existem árvores que não apresentam pressão radicular (por exemplo, as coníferas).

— O movimento da seiva por este mecanismo é muito lento, não explicando a velocidade do fluxo de água no xilema durante o dia.

Hipótese da adesão-coesão-tensão

- Admite que a subida da seiva bruta no xilema se deve ao facto de ser puxada até às folhas, devido à tensão provocada pela evaporação de água nas folhas.

Assim, podemos resumir esta hipótese do seguinte modo:

1. As células das folhas perdem água por transpiração.
2. Ao diminuir o teor em água dessas células, aumenta a pressão osmótica (maior concentração) criando uma tensão (pressão negativa).
3. A água do xilema passa para as células das folhas por osmose.
4. O xilema da folha entra em tensão por perder água.
5. A água passa do caule para a folha, entrando o xilema do caule em tensão.
6. A água passa da raiz para o caule, ficando o xilema da raiz em tensão.
7. A água do solo desloca-se para o xilema da raiz por osmose.

Nota: A coluna líquida contínua, da raiz até à folha, mantém-se devido à **coesão** que resulta das ligações de hidrogénio entre as moléculas de água e à **adesão** destas às paredes dos vasos condutores.

- A transpiração também é responsável pela entrada de água no xilema.

Transporte no floema

- Dado que nem todas as regiões de uma planta realizam fotossíntese, é necessário que os compostos orgânicos sejam translocados para as regiões não fotossintetizantes, através do **floema** ou **líber**.

- O floema é um tecido constituído por vários tipos de células, principalmente células vivas, destacando-se os elementos **dos tubos crivosos** (conduzem a seiva floémica) e as células de companhia (ajudam na condução da seiva).

- Experiências demonstrativas da translocação através do floema:

1. De uma planta lenhosa remove-se um anel da casca (anel de Malpighi), contendo o floema. A interrupção do floema impede a distribuição da seiva elaborada. Aparece ao fim de algum tempo uma região entumescida acima do corte e quando as substâncias de reserva se esgotam, os órgãos que se localizam abaixo do corte morrem, conduzindo à morte da planta.
2. Certos insectos (afídios) alimentam-se de açúcares produzidos pelas plantas. Introduzem as suas trombas perfurantes até ao floema. Se se analisar o líquido existente no estilete destes animais, podemos saber a constituição da seiva elaborada.

- Em 1930, o botânico alemão Munch propôs uma explicação para o transporte da seiva elaborada: **hipótese do fluxo de massa**, que pode ser resumida do seguinte modo:

1. Nas folhas, o açúcar produzido na fotossíntese é convertido em sacarose. Das células fotos-sintéticas a sacarose passa, por transporte activo ou difusão, para as células de companhia.
2. A sacarose passa para os elementos dos tubos crivosos, aumentando o potencial osmótico (a concentração do soluto aumenta) e forçando a água a entrar. A entrada da água aumenta a pressão de turgescência.
3. Nas raízes e no caule as células utilizam o açúcar (na respiração ou no fabrico de amido) diminuindo a sua concentração no floema, o que leva à saída da água. Diminui a pressão de turgescência.
4. Estabelece-se um gradiente de pressão de turgescência entre os dois extremos do floema, fazendo com que a solução de açúcar se desloque através dos tubos crivosos de uma fonte ou local de produção (onde a concentração é elevada) para um local de consumo ou armazenamento (onde a concentração é menor).

- Existem algumas limitações a esta hipótese:

— O reduzido diâmetro dos poros das placas crivosas faria com que a pressão necessária à passagem das substâncias orgânicas fosse superior à que existe na realidade.

— Não explica como é que em certas épocas do ano ocorre um fluxo descendente de seiva e um fluxo ascendente em simultâneo no mesmo tubo crivoso.

- As plantas desempenham um papel importante na biosfera:

— Na composição da atmosfera (libertam oxigénio e consomem dióxido de carbono).

— Reciclam produtos lançados nos ecossistemas por outros seres vivos.

— Fornecem sombra e alimento aos consumidores.

— Produzem substâncias diversas, algumas de grande interesse económico, que segregam para o exterior ou acumulam no seu parênquima: néctares, látex, resinas.

- A sobreexploração destes recursos pode levar à destruição de inúmeras árvores, com graves consequências na biodiversidade.

O transporte nos animais

• Os seres unicelulares podem obter os nutrientes a partir do meio externo, já que as suas membranas plasmáticas são permeáveis (aos gases, líquidos e solutos) e a sua **área é grande relativamente ao volume celular**.

Os animais muito simples, como, por exemplo, as esponjas e celenterados, dada a proximidade entre as células, podem obter os seus nutrientes por difusão e osmose e não possuem sistema circulatório.

Os mais complexos necessitam de um líquido interno que contacte com as células e sirva de transporte tanto de nutrientes como de produtos de excreção. O conjunto de estruturas e mecanismos constituem os sistemas circulatório sanguíneo e linfático.

Todas as células destes organismos se encontram próximas da cavidade gastrovascular (de onde obtêm os nutrientes por difusão e osmose) e da superfície corporal onde se realizam as trocas gasosas.

• O **sistema circulatório** pode ser **aberto**, se parte do trajecto do fluido se faz no interior dos vasos e outra parte em bolsas ou lacunas existentes entre os tecidos, ou **fechado**, se o fluido circula apenas no interior de vasos.

• Nos **insectos**, o sistema é do tipo aberto. O coração dorsal bombeia a hemolinfa para uma artéria que a distribui às várias partes do corpo. Os insectos não têm pigmento respiratório, o O_2 e CO_2 , transportados por traqueias, passam às células por difusão directa.

• Nos **anelídeos**, como a minhoca, o sistema circulatório é **fechado**. Possuem um vaso dorsal por onde o fluido circula de trás para a frente, dois vasos ventrais que conduzem o sangue em sentido contrário e vasos transversais, dos quais cinco pares são contrácteis; por isso são chamados corações laterais. Estes têm capacidade de se contraírem e impulsionarem a hemolinfa rica em pigmentos respiratórios como a hemoglobina.

• Todos os vertebrados apresentam **sistema circulatório fechado**, com **coração** em posição ventral. O coração tem duas cavidades (peixes), três cavidades (anfíbios) ou quatro cavidades (répteis, aves e mamíferos).

• O coração impulsiona o sangue através de **artérias** e recebe-o através de **veias**. As trocas de substâncias entre o sangue e as células estão facilitadas pelas grandes áreas ocupadas pelas redes capilares.

• Nos **peixes**, o **coração** apresenta duas cavidades: uma aurícula e um ventrículo. A circulação é simples porque o sangue passa uma só vez no coração, o que faz reduzir tanto a pressão como a velocidade sanguíneas.

O sangue faz o seguinte percurso: — Tecidos do corpo (consomem O_2 e libertam CO_2) → veias → seio venoso → aurícula → ventrículo → artéria (que se dirige para os capilares das brânquias) → artérias (que se dirigem a todos os tecidos do corpo).

• Os **répteis** têm o coração dividido em duas aurículas e um ventrículo parcialmente dividido por um septo (exceptuando os crocodilos, que têm duas aurículas e dois ventrículos). A circulação é **dupla e incompleta** e são animais heterotérmicos ou poiquilotérmicos. A existência de um septo evidencia a tendência para a separação entre os sangues oxigenado e venoso.

• Nas **aves** e **mamíferos**, a circulação é **dupla** (sistémica e pulmonar) e **completa**. Estes animais estão no topo da escala evolutiva. O coração destes animais possui **duas aurículas** e **dois ventrículos** que impedem a mistura de sangue arterial com o sangue venoso. Estas características permitem que:

— estes animais tenham uma maior disponibilidade de oxigénio, que, por sua vez, permite uma maior obtenção de energia e assim, a capacidade de manterem a sua temperatura constante (animais homeotérmicos);

— o sangue depois de oxigenado e de regressar ao coração, receba um novo impulso que lhe permite percorrer o corpo com maior pressão;

— cada ventrículo se desenvolva de acordo com a pressão que necessita de exercer. A parede do ventrículo esquerdo é mais espessa que a do ventrículo direito porque a pressão necessária para a grande circulação é maior que para a pequena circulação.

• O transporte das várias substâncias pelas diferentes partes do corpo é feito pelo sangue através de vasos sanguíneos: artérias, arteríolas capilares, vénulas e veias.

• As **artérias** são vasos sanguíneos que conduzem o sangue desde o coração até aos diferentes órgãos do corpo. Ramificam-se progressivamente em artérias mais finas, arteríolas, que por sua vez se prolongam nos capilares sanguíneos.

• As **arteríolas** são artérias de menor secção que transportam sangue aos capilares.

• Os **capilares** são pequenos vasos sanguíneos cuja parede é constituída por uma única camada de células através da qual é filtrado o plasma sanguíneo e os nutrientes que chegam às células, bem como os produtos resultantes do metabolismo.

• As **vénulas** fazem a ligação entre os capilares e as veias.

• As **veias** são vasos sanguíneos que conduzem o sangue, desde os vários órgãos até ao coração. Têm estrutura semelhante à das artérias, mas são menos elásticas.

• No homem e em muitos animais, as veias **possuem válvulas** que impedem o refluxo do sangue e garantem a circulação num único sentido.

Na circulação humana consideramos a **circulação pulmonar** ou pequena circulação e a **circulação sistémica** ou grande circulação.

• A **circulação pulmonar** estabelece a ligação entre o coração e os pulmões: ventrículo direito → artéria pulmonar → capilares alveolares (nos pulmões) → veias pulmonares → aurícula esquerda. Tem como função captar o oxigénio ao nível dos alvéolos e levar o dióxido de carbono ao exterior para que seja expulso.

- A **circulação sistémica** estabelece a ligação entre o coração e os diferentes órgãos do corpo: ventrículo esquerdo → artéria aorta → capilares (nos tecidos) → veias cavas → aurícula direita. Tem como função levar oxigénio e nutrientes às células e recolher os produtos resultantes do metabolismo celular para conduzir aos órgãos responsáveis pela sua eliminação.
- Quando o coração impulsiona o sangue para as artérias, estas dilatam-se para o receber, aumentando o volume e diminuindo a pressão interna. De seguida contraem-se impelindo-o para arteríolas e capilares. A velocidade do sangue é inversamente proporcional à **área da secção no ponto considerado**. Nos capilares a velocidade do fluxo sanguíneo é reduzida devido ao facto de a **área total** da sua secção interna ser grande.
- A **lentidão** do fluxo sanguíneo ao nível dos capilares é importante fisiologicamente, já que permite que as trocas de substâncias entre o sangue e as células sejam altamente eficazes.
- O retorno do sangue ao coração é feito por vénulas e veias. Este retorno é possível em grande parte devido às contracções dos músculos esqueléticos, à existência de válvulas nas veias e ao período de relaxamento do coração (diástole), que proporciona uma força de sucção que «puxa» o sangue para o coração.
- O **sistema linfático** é um sistema vascular que tem por funções **recolher a linfa intersticial** que saiu dos capilares sanguíneos, passando a designar-se linfa circulante (semelhante ao sangue, mas não possui hemácias), **absorver gorduras** do quilo intestinal e produzir alguns tipos de glóbulos brancos importantes na **defesa do organismo**.
- Os **avanços científicos** têm possibilitado inúmeros progressos no **tratamento e diagnóstico de defeitos cardíacos** congénitos e de muitas outras doenças:
 - O sistema XMR, que combina imagens de ressonância magnética e raios X para medir o fluxo sanguíneo e indicar anomalias nos batimentos cardíacos, permite a correcção de anomalias.
 - O diagnóstico pré-natal de um número cada vez maior de doenças, quer se trate de grandes alterações cromossómicas como deleções (perdas) de vários genes, quer de alterações a nível de um único gene.

Transformação e utilização de energia pelos seres vivos

Obtenção de energia

- Todos os processos vitais necessitam de uma fonte de energia: luz, matéria orgânica ou inorgânica. Esta energia é transformada e posteriormente acumulada em moléculas de ATP. Quando há necessidade de energia, a célula hidrolisa o ATP.
- O **ATP** é uma molécula presente em todos os seres vivos e é a forma universal de energia das células. Funciona como composto intermediário no transporte de energia.
- O **metabolismo**, conjunto de reacções químicas da célula, inclui as reacções que consomem energia ou de biossíntese (**anabolismo**), como a fotossíntese e a quimiossíntese, e as reacções de degradação que libertam energia como a respiração celular e a fermentação (**catabolismo**).
- A célula equilibra a libertação de energia e o seu consumo associando processos de catabolismo (produção de ATP) e anabolismo (consumo de ATP).
- As reacções catabólicas são semelhantes nos organismos auto e heterotróficos. Muitas consistem na **oxidação** de compostos orgânicos, onde se dá a **perda** de electrões.
- Os electrões libertados por uma molécula têm de ser aceites por outra, o que explica o facto de estas reacções ocorrerem em cadeia. Nestas reacções de oxidação-redução o composto que perde electrões fica oxidado e o que ganha electrões fica reduzido.
- Distinguem-se dois processos de obtenção de energia pela célula: a **fermentação** e a **respiração aeróbia**.
- A fermentação é uma **oxidação incompleta** em que o aceptor final de electrões é um composto orgânico. É um processo **anaeróbio**, isto é, sem intervenção de oxigénio.
- A **respiração aeróbia** consiste numa **oxidação completa** dos compostos orgânicos, sendo o aceptor final de electrões, um composto inorgânico, o oxigénio.

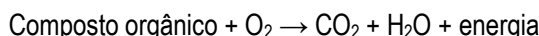
Fermentação

- A fermentação deve ter sido o primeiro processo capaz de disponibilizar energia. Actualmente os seres que utilizam apenas este processo são de reduzidas dimensões, o que pode indicar que se trata de um processo insuficiente nos seres de maiores dimensões.
- Existem diferentes tipos de fermentação que se distinguem pelos produtos finais:
 - Fermentação **alcoólica**: álcool etílico e CO₂.
 - Fermentação **láctica**: ácido láctico.
- A primeira etapa da fermentação é a glicólise, via metabólica que ocorre no **citoplasma**. Inicia-se com uma molécula de glicose que é activada e se divide em duas moléculas de ácido pirúvico, com um saldo positivo de **duas moléculas de ATP**.

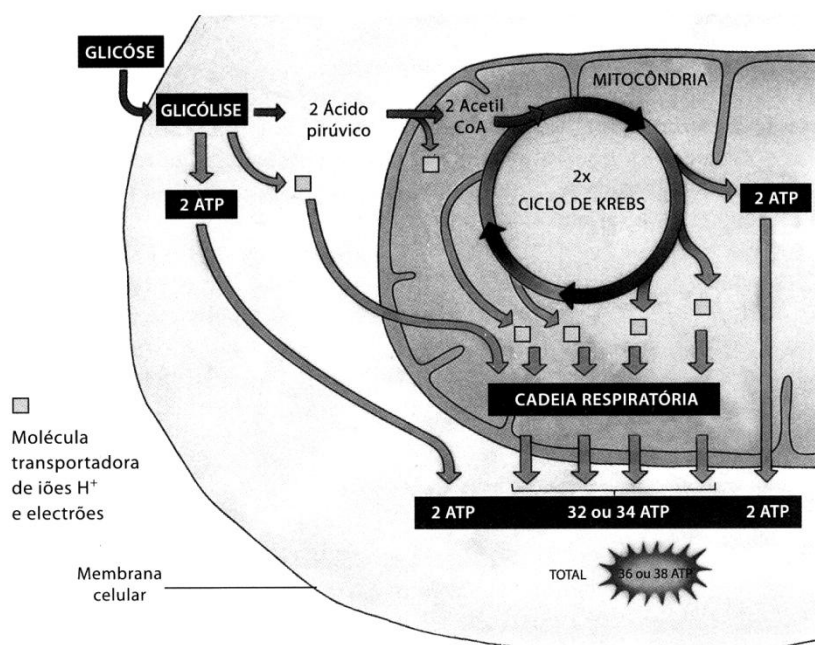
- Na **fermentação alcoólica**, o ácido pirúvico **perde CO₂, aceita electrões e iões H⁺** transformando-se em etanol. Há muito que o homem utiliza leveduras que realizam este tipo de fermentação no fabrico de bebidas alcoólicas e no fabrico do pão (a massa torna-se macia devido à libertação de CO₂).
- Na **fermentação láctica**, o ácido pirúvico **recebe electrões e iões H⁺** transformando-se em ácido láctico. É realizada principalmente por microrganismos e também por células dos músculos esqueléticos humanos. Como diminuem o pH do meio, provocam a coagulação de proteínas, sendo usados, por exemplo, para transformar leite em iogurte ou queijo.
- As reacções que ocorrem na fermentação e em qualquer reacção do metabolismo são catalisadas por **enzimas** (proteínas com capacidade de acelerar as reacções sem sofrer alterações).
- As enzimas actuam numa determinada molécula (**substrato**), dando origem a uma nova molécula (**produto**).
- Cada reacção química está integrada num conjunto de reacções químicas (**via metabólica**) em que o produto de uma reacção serve de substrato à reacção seguinte.

Respiração

- Foram os ancestrais das actuais bactérias fotossintetizantes os primeiros a utilizar o oxigénio (O₂) para oxidar os compostos orgânicos, obtendo energia.



- A **respiração aeróbia**, sendo um processo «quase» inverso da fotossíntese, permitiu o estabelecimento de um equilíbrio dinâmico entre os dois processos energéticos, equilíbrio que se mantém até aos nossos dias.



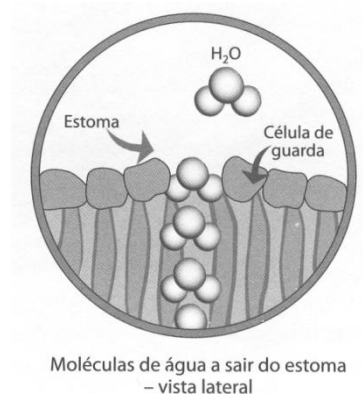
- A **respiração celular** permite a degradação gradual de moléculas orgânicas, principalmente glicose. A degradação da glicose ocorre em três etapas metabólicas: glicólise, ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa. A glicólise é uma etapa comum à fermentação e à respiração aeróbia e o ácido pirúvico produzido é transportado para o interior da mitocôndria (matriz mitocondrial) onde se forma acetil-CoA. Nas reacções de cada ciclo de Krebs libertam-se CO₂ electrões e iões, e ainda energia suficiente para formar directamente uma molécula semelhante ao ATP. Os electrões são transferidos até ao oxigénio pela **cadeia respiratória** por uma série de proteínas transportadoras alinhadas ao longo da membrana interna da mitocôndria. Estas possuem afinidade crescente para os electrões e vão sofrendo reacções de oxidação-redução, possibilitando a libertação gradual de energia e a formação de moléculas de ATP. Os electrões reduzem o O₂ a H₂O.
- Quanto à utilização de oxigénio, os seres podem ser:
 - **anaeróbios facultativos**, como as leveduras que obtêm energia na presença ou na ausência de oxigénio;
 - **anaeróbios obrigatórios** (morrem na presença de oxigénio) se utilizam a fermentação ou processos respiratórios onde o aceitador final de hidrogénio e electrões é um composto diferente do oxigénio, como o ferro ou compostos azotados;
 - **aeróbios** se utilizam o oxigénio como aceitador final. Nestes seres, a ausência de O₂ implica normalmente a morte. As células musculares dos vertebrados podem por vezes realizar a fermentação láctica com produção de ácido láctico e CO₂. Esta capacidade permite obter uma reserva energética para que o animal possa realizar actividades que impliquem acréscimo de energia, como fugir, caçar, competir, etc.

Trocas gasosas em seres multicelulares

Todos os seres vivos necessitam de obter energia para poderem realizar os seus processos vitais.

Trocas gasosas em plantas

- A taxa de transpiração depende de factores intrínsecos (abertura dos estomas) e extrínsecos (humidade do ar, temperatura, ventilação, condições do solo e luz solar).
- Os factores ambientais que intervêm na abertura e encerramento dos estomas são principalmente a **luminosidade**, a **concentração de CO₂** e a **quantidade de água** que se encontra disponível para ser absorvida pelas raízes.



- A fotossíntese (que necessita da presença de luz) realiza-se nas células de guarda da epiderme das folhas e consome CO₂. Quando baixa a concentração de CO₂, os estomas abrem e fecham-se em caso contrário, o que pode ser interpretado como uma adaptação relacionada com a fotossíntese. Se aumentar a concentração de CO₂ no mesófilo (tecido clorofilino), significa que a sua utilização é reduzida e que se podem fechar os estomas.
- A maioria das plantas abre os estomas ao amanhecer e encerra-os ao anoitecer, o que diminui a perda de água por transpiração.
- Quando a água disponível no solo é baixa, os estomas fecham, ainda que a concentração de CO₂ seja baixa e se encontrem na presença de luz.

Trocas gasosas em animais

- O processo mais comum de obter energia é a **respiração aeróbia**, que se realiza a nível celular.
- Ao nível do organismo designa-se por respiração o mecanismo segundo o qual são efectuadas trocas gasosas através de uma superfície respiratória.

Uma respiração que produza energia suficiente implica um sistema respiratório adequado às necessidades de cada organismo. O sistema respiratório não só fixa e distribui O₂, mas também elimina CO₂. Para que as trocas gasosas se realizem, estes gases atravessam, por difusão, uma superfície respiratória. De acordo com a sua natureza, podemos considerar a respiração:

- **cutânea** (pele)
- **branquial** (brânquias)
- **traqueal** (traqueias)
- **pulmonar** (pulmões)

• No caso de animais simples, a **razão área/volume** do corpo é **elevada**, pelo que a superfície corporal é suficiente para o animal obter o O₂ necessário para a produção de energia.

• À medida que a razão área/volume diminui, a superfície corporal torna-se insuficiente para a obtenção do O₂ necessário. Por isso surgiram outras estruturas especializadas em outras trocas gasosas. As trocas gasosas realizam-se por difusão simples e por isso as membranas das superfícies respiratórias apresentam características que aumentam a eficácia da difusão:

- Ambiente húmido;
- Muito fina;
- Relação área/volume grande;
- Adaptação ao meio onde vive o ser vivo.

Trocas gasosas através do tegumento

- Na hidra, dada a sua simplicidade, não existe sistema respiratório. As trocas realizam-se por difusão através da parede do corpo.
- Na minhoca, as trocas realizam-se através da superfície corporal. Dada a espessura destes animais, os tecidos mais profundos teriam dificuldade em obter o O₂ a uma velocidade adequada ao seu metabolismo. Esta questão foi resolvida através da

existência de sangue que circula em vasos capilares e irriga todo o corpo. O facto de o corpo destes animais estar permanentemente húmido contribui para que o O_2 se dissolva na água e passe às células.

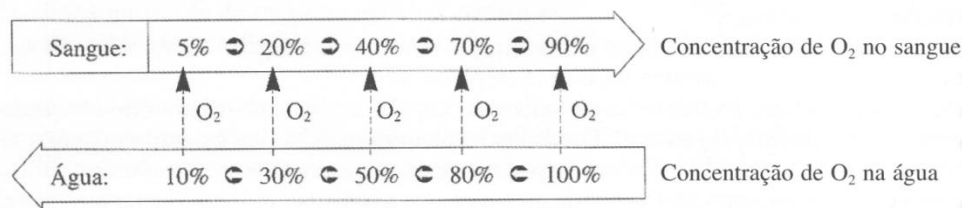
Trocas gasosas através de traqueias

- Nos artrópodes terrestres como os gafanhotos, o sistema respiratório reflecte a adaptação ao ambiente em que vivem. Possuem **traqueias**, tubos ramificados que percorrem todo o organismo e que se ramificam em canais mais estreitos, as traquíolas. As traqueias comunicam com o exterior por aberturas designadas espiráculos.

Trocas gasosas através de brânquias

- Nos peixes ósseos, as brânquias ou guelras são ventiladas permanentemente por uma corrente de água que entra pela boca, passa para a faringe, banha as brânquias e é lançada para o exterior através de fendas operculares.

Para que a água entre, estes peixes abrem a boca, depois fecham-na abrindo os opérculos e forçando a água a passar por entre os filamentos branquiais para a cavidade branquial. Em cada filamento branquial existe um vaso sanguíneo por onde o sangue entra na guelra e outro vaso por onde sai. O sangue dos filamentos elimina o CO_2 e absorve o O_2 da água. Entre estes dois vasos existe uma grande comunicação feita através dos capilares de cada lamela. Aqui o sangue flui na direcção contrária à da água que passa nas brânquias — mecanismo de contracorrente.



Este processo aumenta a eficácia das trocas gasosas a nível dos capilares, porque deste modo o sangue está sempre em contacto com a água progressivamente mais rica em oxigénio. Pela mesma razão, o dióxido de carbono difunde-se em sentido contrário.

Trocas gasosas através de pulmões

Os pulmões possibilitam a vida dos vertebrados terrestres.

- Os **anfíbios** possuem pulmões simples e insuficientes à obtenção de O_2 e, simultaneamente, fazem hematose cutânea (permite obter O_2 em falta) através da sua pele **húmida e vascularizada**.
- Os **répteis** apresentam pulmões eficientes (possuem alvéolos), o que lhes permite dispensar a hematose cutânea.
- As **aves** possuem pulmões sem alvéolos. Estes são substituídos por canais muito finos e muito irrigados de sangue, onde ocorrem as trocas gasosas. Possuem ainda sacos aéreos que asseguram uma corrente de ar contínua através dos pulmões. O ar inspirado segue até aos bronquíolos e enche os sacos aéreos posteriores. Destes passa para sacos anteriores e sai para o exterior.

Existem assim duas vias de circulação de ar nos pulmões, o que aumenta a eficiência das trocas gasosas.

- Os pulmões dos **mamíferos** são altamente alveolizados, associados a uma grande vascularização. É nos mamíferos que os pulmões são mais complexos. A superfície respiratória é muito maior do que a superfície corporal do animal.
- Quer nas aves quer nos mamíferos existe um sistema eficiente de obtenção de oxigénio que, aliado ao facto da circulação ser dupla e completa, permite um metabolismo mais elevado e a manutenção da temperatura corporal.
- A eficiência da extracção de O_2 é ampliada pela presença de pigmentos respiratórios que fixam temporariamente o O_2 , libertando-o nos tecidos.
- O CO_2 é solúvel na água. Quando é produzido pelas células vivas difunde-se inicialmente para o citoplasma, depois para o fluido extracelular e, finalmente, para o plasma sanguíneo. O CO_2 é transportado principalmente sob a forma de bicarbonato (68%) e dissolvido na água (10%).

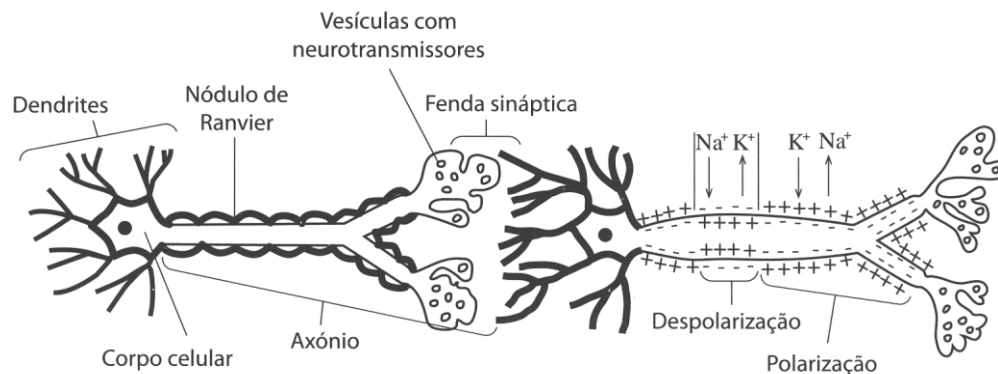
Regulação nos seres vivos

- A função de **regulação** é exclusiva dos seres vivos. Confere-lhes a capacidade de manterem em equilíbrio o meio interno mesmo perante alterações do meio externo.
- Os seres vivos são sistemas abertos e através de mecanismos de retroacção (ou *feedback*) tornam possível a manutenção do meio interno, dentro de limites compatíveis com a vida — **homeostasia**.
- Nos mecanismos de retroacção, retroalimentação ou *feedback* há uma relação de causa-efeito, onde o efeito actua sobre a causa que o originou.

- **Feedback negativo ou retroacção negativa** — a alteração é compensada e o sistema tende para o equilíbrio.
- **Feedback positivo ou retroacção positiva** — a alteração é reforçada, cria-se um ciclo vicioso que leva à instabilidade.
- Nos animais, a homeostasia é controlada pelos sistemas nervoso e hormonal, nas plantas apenas está presente o sistema hormonal.

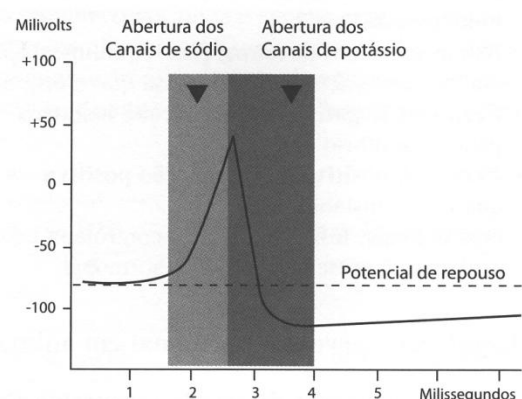
Regulação nervosa e hormonal em animais.

- O **sistema nervoso** desencadeia **respostas rápidas** pela propagação de **alterações electroquímicas** através das membranas celulares dos neurónios.
- O **sistema hormonal** é mais **lento** e envolve a libertação de hormonas, que são **mensageiros químicos** lançados para a corrente sanguínea pelas glândulas endócrinas, até atingirem as células-alvo.
- **Impulso nervoso** — Energia ou impulsos eléctricos que circulam nos neurónios.
- **Neurónios** — são as unidades básicas do sistema nervoso. São constituídas por:
 - **Dendrites** — prolongamentos citoplasmáticos ramificados que recebem e conduzem os estímulos, do ambiente ou outras células nervosas, até ao corpo celular.
 - **Corpo celular** — é onde se localiza o citoplasma com todos os organitos celulares e o núcleo.
 - **Axónio** — prolongamento fino e longo que transmite os impulsos nervosos que provêm do corpo celular.
- Em todos os vertebrados, o axónio é coberto por uma bainha de mielina que o isola e a este conjunto dá-se o nome de **fibra nervosa**. A bainha de mielina é uma camada de substância lipídica, que se encontra nas células de Schwann formando um invólucro protector.
- As fibras nervosas associam-se e ficam envolvidas por tecido conjuntivo constituindo **nervos**.



Transmissão do impulso nervoso:

- No meio externo (fluido intersticial) existem concentrações elevadas de Na^+ e Cl^- e baixas de K^+ . No meio interno, a relação é inversa. Como no meio interno há menos iões positivos (Na^+) que no meio externo, a superfície interna da membrana apresenta carga eléctrica negativa e a externa apresenta carga eléctrica positiva.
- A diferença de potencial eléctrico entre as duas faces da membrana é da ordem dos -70mV quando não há transmissão de impulso nervoso, ou seja, corresponde ao potencial de repouso. O potencial de repouso mantém-se devido à diferença de concentrações entre o K^+ e o Na^+ , entre os dois meios, controlado pela bomba sódio-potássio, onde o K^+ é bombeado para o interior e o Na^+ para o exterior, com consumo de ATP.
- Após receber um estímulo, os canais de Na^+ abrem e este ião entra na célula. O potencial de membrana altera-se para os $+35\text{mV}$ (despolarização) — o potencial de repouso passa para o potencial de acção. Rapidamente volta ao potencial de repouso.
- O potencial de acção propaga-se por toda a área da membrana vizinha. Esta sucessão de despolarizações e repolarizações ao longo do neurónio constitui o **impulso nervoso**. Apresenta sentido único: dendrites → corpo celular → axónio. A transmissão varia de espécie para espécie e, caso o neurónio possua células de Schwann que envolvem o axónio (bainha de mielina), a propagação do estímulo é mais rápida. Este isolamento da bainha de mielina apresenta interrupções, designadas por nódulos de Ranvier. Assim o potencial de acção despolariza a membrana apenas nesses espaços, aumentando a velocidade do impulso.
- A passagem do impulso nervoso de um neurónio para outro faz-se através das **sinapses**. Sinapse → região de contacto entre a extremidade de um neurónio e a superfície de outras células. As sinapses podem ser químicas ou eléctricas.



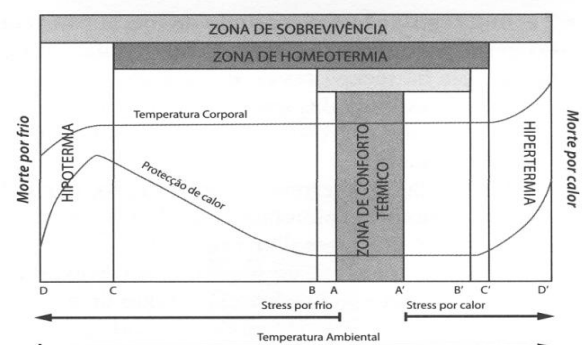
Nas sinapses mais comuns, químicas, intervêm neurotransmissores, e as respostas são mais demoradas.

- Os **neurotransmissores** são substâncias químicas que levam o impulso nervoso da célula pré-sináptica aos receptores da célula pós-sináptica, levando-a a aceitar os iões Na^+ para dar continuidade ao impulso. Exemplo: movimento muscular.
 - Na **mensagem hormonal**, a comunicação realiza-se por via química, através de hormonas. Somente determinadas células, chamadas **células-alvo** ou células efectoras, estão equipadas para receber o sinal que uma dada hormona transmite.
 - Principais características das hormonas:
 - são moléculas sintetizadas por glândulas endócrinas;
 - são lançadas no sangue;
 - actuam em quantidades muito pequenas;
 - têm acção específica sobre células-alvo;
 - regulam processos celulares, estimulando ou inibindo a actividade das células-alvo;
 - têm, em geral, uma acção duradoura.
 - **Termorregulação** é o conjunto de mecanismos que permite manter constante a temperatura do corpo independentemente da temperatura do meio exterior.
 - Na pele há receptores do calor e do frio — células termo-sensoriais.
 - Quando estimuladas geram impulsos nervosos.
 - Os impulsos nervosos, conduzidos por nervos sensitivos e pela espinal medula, chegam ao hipotálamo.
 - O hipotálamo interpreta a informação, envia a mensagem para os efectores através dos nervos motores (eferentes) e de hormonas produzidas pela hipófise.
 - Os órgãos efectores dão a resposta.
 - Quando a temperatura do meio é muito **elevada**, os órgãos efectores (músculos, vasos sanguíneos, glândulas sudoríperas) actuam de modo a diminuir a actividade muscular, provocar a dilatação dos vasos periféricos (vasodilatação) e aumentar a transpiração (sudorese).
 - Quando a temperatura do meio é muito **baixa**, os órgãos efectores desencadeiam o aumento da actividade muscular (onde ocorre libertação de calor) e a vasoconstrição (**redução** do calibre dos vasos).
 - Os animais classificam-se, atendendo ao modo como respondem às alterações da temperatura do meio externo, em:
 - **homeotérmicos** (animais de sangue quente) — Têm temperatura constante e capacidade para a regular.
 - **endotérmicos** — A regulação da temperatura depende da taxa metabólica que aumenta para que seja produzido calor ou diminui para que seja perdido.
- Os mamíferos e as aves são homeotérmicos e endotérmicos.

MECANISMO DE TERMORREGULAÇÃO EM ANIMAIS HOMEOTÉRMICOS	
Para aumentar a temperatura do corpo ocorre:	Para diminuir a temperatura do corpo ocorre:
— Vasoconstrição. — Ereção dos pêlos. — Aumento da produção de calor por processos metabólicos: calafrios, excitação nervosa para a produção de calor e secreção de tiroxina pela tiróide.	— Vasodilatação. — Sudorese. — Redução da produção de calor (inibição das tremuras e das reacções químicas geradoras de calor).

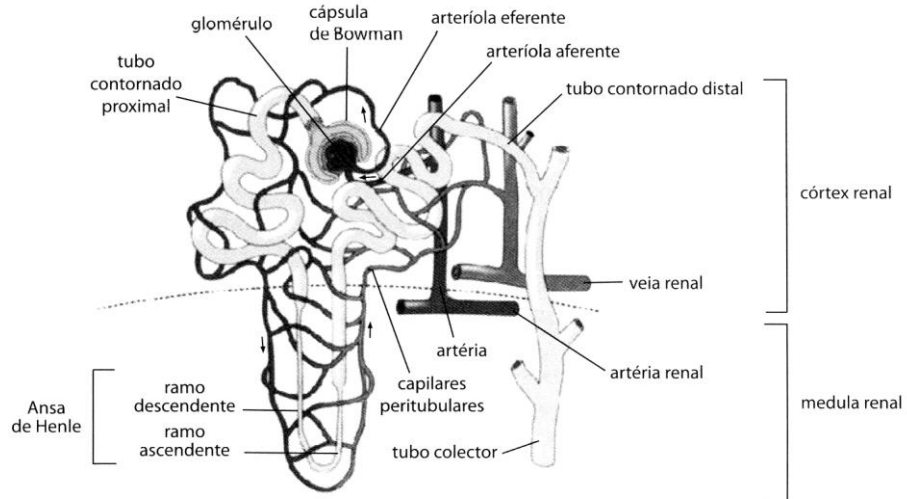
- **poiquilotérmicos** (animais de sangue frio) — Têm temperatura corporal variável, conforme a alteração da temperatura do meio.
- **ectotérmicos** — A temperatura corporal está dependente de factores externos, já que não há alteração na taxa metabólica. Os anfíbios, os peixes e a maior parte dos répteis são poiquilotérmicos e ectotérmicos.
- Na manutenção da temperatura corporal actuam mecanismos de retroacção ou *feedback* negativo, uma vez que o efeito contraria a causa que o originou.
- Mas se a temperatura corporal aumentar muito, por exemplo, quando a febre no corpo humano atinge os 42°C , o mecanismo de *feedback* negativo deixará de actuar e será substituído por um mecanismo de *feedback* positivo. Assim, a elevação da temperatura provoca o aumento da taxa metabólica, o que eleva a temperatura, que por sua vez aumenta ainda mais a taxa metabólica, podendo mesmo causar a morte.

- Todos os organismos apresentam um intervalo de temperaturas para as quais a sua actividade metabólica atinge o máximo de eficiência. Quando postos fora destes parâmetros ideais, os organismos tendem a diminuir a sua actividade metabólica; por isso, há valores mínimos e máximos de temperatura a partir dos quais a vida se torna insuportável. Por esta razão, a temperatura é um **factor limitante**.



Osmorregulação

- **Osmorreguladores** — São os organismos que mantêm constante a concentração dos seus fluidos corporais, isto é, a sua pressão osmótica. Contudo, há organismos em que essa regulação não ocorre.
- **Osmoconformantes** — São os organismos em que a concentração dos fluidos corporais varia em função da pressão osmótica do meio dentro de determinados limites.
A salinidade é, tal como a temperatura, um factor limitante.
- A manutenção do equilíbrio da água e de sais no organismo designa-se **osmorregulação**. O controlo da composição dos fluidos internos é feito de forma distinta nos animais que vivem em ambientes de água doce, marinhos ou terrestres.
- Os **peixes de água doce** (dulciaquículas) têm fluidos corporais hipertónicos (a concentração em sais é superior à do meio) e há tendência para que a água passe do meio para o seu interior por osmose. As suas estratégias de regulação são:
 - não beber água;
 - eliminar água através do sistema excretor bem desenvolvido (os glomérulos realizam eficazmente a filtração; a urina é abundante e diluída);
 - absorver sais através das células branquiais, por transporte activo, para compensar os que perdem na urina.
- Os **peixes de água salgada** têm fluidos hipotónicos, com menor concentração de sais do que o meio envolvente, têm tendência a perder água, o que provocaria a sua desidratação. As suas estratégias de regulação são:
 - ingerir grande quantidade de água salgada;
 - produzir baixo volume de urina (glomérulos pouco desenvolvidos e urina muito concentrada);
 - eliminar sais, por transporte activo, através das brânquias.
- **Aves marinhas** como as gaivotas, que utilizam água salgada como alimento, possuem **glândulas do sal** nasais, especializadas na eliminação de sais por transporte activo. São tubos ramificados que terminam em bolsas cujas células absorvem e eliminam o sal que circula nos capilares.
- **Animais do deserto** como os camelos, o rato, o canguru ou a raposa, possuem a capacidade de reabsorver a água filtrada, para o que possuem longas hansas de Henle, eliminando pouca urina e altamente concentrada.
- No **homem**, a osmorregulação resulta de um **mecanismo de regulação hormonal pela hormona antidiurética ADH**.
- A ADH libertada no sangue, a partir do lóbulo posterior da hipófise, exerce a sua acção principalmente no tubo contornado distal e no tubo colector. Na presença da ADH há reabsorção de água, ficando a urina muito concentrada. Na sua ausência, os tubos tornam-se impermeáveis e, não havendo reabsorção, a urina é muito diluída.



Estrutura de um nefrónio – unidade funcional de excreção renal

- Quando a **pressão osmótica no sangue aumenta**:
 - Os receptores localizados no hipotálamo detectam essa alteração e há libertação de ADH para a corrente sanguínea.
 - A ADH atinge as células-alvo, localizadas no tubo distal e no tubo colector, aumenta a permeabilidade e a água é reabsorvida para os capilares sanguíneos.
 - A urina torna-se mais concentrada e a concentração em sais, assim como a pressão osmótica, diminuem no sangue.
- Quando a **pressão osmótica no sangue diminui**:
 - Os receptores do hipotálamo são sensíveis à diminuição da pressão osmótica nos fluidos circulatórios.
 - São enviados sinais químicos à hipófise para que ocorra inibição da produção de ADH.
 - A permeabilidade do tubo distal e do tubo colector reduz-se.
 - A urina é mais abundante e a pressão osmótica do sangue atinge o equilíbrio.
- A regulação efectua-se no sentido de procurar o equilíbrio através de mecanismos de retroacção ou *feedback* negativo.
- A regulação feita pela ADH é um mecanismo de **regulação hormonal** e, por isso, a comunicação entre os órgãos estabelece-se através de **sinais químicos**.

Hormonas vegetais

- A orientação da flor do girassol em relação à posição do Sol durante o dia, a planta carnívora que fecha as suas folhas repentinamente quando um insecto lhe toca, as plantas de casa invariavelmente voltadas para a janela, são apenas três exemplos de que as plantas também se relacionam com o meio.
- As plantas são capazes de responder a estímulos.
- Possuem diversos tipos de células receptoras com substâncias específicas que captam as alterações do meio.
- Os estímulos mais conhecidos são os luminosos, a gravidade, acções mecânicas como a pressão, a temperatura, a humidade do ar e a quantidade de água no solo.
- As respostas aos estímulos são fundamentalmente de três tipos:
 - **Tropismos** — Alterações na orientação do crescimento da planta que produzem deformações permanentes, como, por exemplo, a inclinação do caule ou das folhas em direcção à fonte de luz.
 - **Nastias** — Movimentos temporários apenas de uma parte da planta, sem orientação. Exemplos: o fecho ou a abertura dos estomas em função da quantidade de água disponível, a reacção das plantas carnívoras ou a abertura das pétalas de algumas flores apenas durante o dia.
 - **Secreções** — Produção de substâncias com diversas funções: protecção, armazenamento de substâncias e **regulação**.
- **Hormonas vegetais ou fito-hormonas** são substâncias orgânicas produzidas em células, tecidos ou órgãos vegetais, transportadas pelos vasos condutores até às células onde vão actuar. Funcionam como agentes reguladores do crescimento e do metabolismo celular, indução da floração, amadurecimento dos frutos e queda das folhas (abscisão).
- As hormonas vegetais mais estudadas e as respectivas funções mais conhecidas são:
 - **Auxinas** — Promovem o crescimento celular, o alongamento das raízes e dos caules e o desenvolvimento dos frutos. Retardam a abscisão.
 - **Giberelinas** — Estimulam a divisão celular especialmente nos gomos florais e a germinação das sementes.
 - **Citoquininas** — Estimulam a divisão celular especialmente nos gomos laterais, mas também nas outras partes da planta.
 - **Ácido abscísico** — Estimula a abscisão, inibe a germinação e actua no fecho dos estomas em situação de escassez de água.
 - **Etileno** — Substância gasosa em condições ambientais normais, estimula o amadurecimento dos frutos e a queda das folhas (abscisão).
- As fito-hormonas não actuam isoladamente, elas interagem na procura da resposta fisiológica mais adequada. Por exemplo, as giberelinas combinadas com as auxinas em dosagens específicas levam à formação de frutos sem sementes.
- O conhecimento das fito-hormonas vem sendo aplicado na agricultura moderna no sentido de controlar o amadurecimento dos frutos, promover o crescimento rápido dos vegetais ou até impedir a queda dos frutos até que haja condições ideais para a sua colheita e escoamento.
- Estas substâncias, muito caras quando comercializadas e portanto exigindo investimento na sua utilização, estão a ser substituídas na agricultura intensiva por compostos químicos alternativos (hormonas sintéticas), sem rigoroso controlo nas dosagens e na aplicação, e podem pôr em causa:
 - o valor nutricional dos alimentos;
 - a saúde humana;
 - a extinção de espécies;
 - o equilíbrio dos ecossistemas.

Biologia 11

Crescimento e renovação celular

As células possuem informação que permite aos seres vivos reproduzir-se, multiplicar-se continuamente para repor células que vão morrendo, diferenciar-se e especializar-se em determinadas funções. Esta informação está armazenada no DNA.

DNA e síntese proteica

- O **DNA** é o material genético dos seres vivos e de alguns vírus.
- Nos procariontes, o DNA encontra-se disperso no citoplasma constituindo o nucleóide. Nos eucariontes encontra-se quase exclusivamente no núcleo.
- O **núcleo** é limitado por uma dupla membrana (interna e externa) porosa que permite comunicar com o citoplasma. No interior do núcleo encontramos os cromossomas dispersos num gel proteico, o nucleoplasma.
- Os **cromossomas** são constituídos por DNA e proteínas. O conjunto de todos os cromossomas da célula constitui o **cariótipo**.
- O DNA possui regiões específicas, os **genes**, responsáveis pela informação hereditária que passa de geração em geração.
- Um **gene** é uma sequência de nucleótidos. Contém a informação para a síntese de uma proteína ou uma molécula de RNA e constitui uma pequena parte do DNA dos seres eucarióticos, já que a maior parte da molécula de DNA corresponde a sequências nucleotídicas não codificantes (DNA não codificante), isto é, que não produzem RNA.
- Existem zonas não codificantes muito importantes, como é o caso do **centrómero**, que é fundamental para a distribuição correcta dos cromossomas pelas células-filhas, durante a divisão celular.
- **Genoma** é o conjunto de todos os genes de um ser vivo.
- As **unidades estruturais** dos ácidos nucleicos são os **nucleótidos**. Cada nucleótido é constituído por um açúcar (pentose), um fosfato e uma base azotada.
- DNA e RNA apresentam **diferenças**:

	DNA	RNA
Localização (nas células eucarióticas)	Núcleo, mitocôndrias e cloroplastos	Núcleo e citoplasma
Composição	Adenina (A) Citosina (C) Guanina (G) Timina (T) Desoxirribose	Adenina (A) Citosina (C) Guanina (G) Uracilo (U) Ribose
Função	Informação genética	Sempre relacionada com a síntese proteica
Estrutura	Dupla cadeia nucleotídica enrolada em hélice	Geralmente linear e enrolada sobre si mesma
Duração	Longa	Curta

- A ligação entre as 2 cadeias de DNA é feita por ligações de hidrogénio (pontes de hidrogénio) que ocorrem exclusivamente entre a adenina e a timina (duas ligações: A=T) e a citosina e a guanina (três ligações C=G). Deste modo, devido à complementaridade das bases, sabemos que a cadeia de DNA com a sequência ACCGTCATGC corresponderá sempre à sequência TGGCGTACG na cadeia complementar.
- O DNA tem capacidade de se duplicar, isto é, de originar duas moléculas exactamente iguais por um processo que se chama **replicação**, e que envolve dezenas de enzimas celulares, entre elas a DNA ligase.
- A replicação do DNA é **semiconservativa**, isto é, após a separação das duas cadeias da dupla-hélice inicial, cada uma serve de molde à síntese da cadeia complementar. No final do processo, cada molécula de DNA é formada por uma cadeia da «molécula-mãe» e uma cadeia nova.
- A **replicação do DNA** assegura a **manutenção da informação genética** ao longo das gerações.
- O processo de replicação é bidireccional e sempre no sentido da cadeia de nucleótidos 5'-3', uma vez que as polimerases só colocam e unem nucleótidos nesse sentido.
- Após o estabelecimento da estrutura do DNA e do seu mecanismo de replicação, os cientistas chegaram à conclusão de que um **só gene codificava uma só proteína**.
- O «dogma central da biologia» postula que a transmissão da informação genética ocorre no sentido DNA-RNA-Proteína.
- No núcleo, o RNA é produzido a partir de uma molécula de DNA durante a **transcrição** genética. As duas cadeias de DNA separam-se e uma delas serve de molde para a síntese de RNA, numa reacção catalizada pela enzima RNA polimerase.
- A RNA polimerase liga-se ao promotor, zona inicial do gene, começa a separar as cadeias do DNA e orienta os nucleótidos livres que vão constituir a molécula de RNA_m.

- O **emparelhamento** dos nucleótidos é feito por **complementaridade**, sendo a timina substituída no RNA pelo nucleótido uracilo. A molécula de RNA que é produzida liberta-se da cadeia — molde de DNA.
- Deste modo, devido à complementaridade de bases, a sequência de uma molécula de RNA reflecte rigorosamente a sequência de bases da cadeia molde de DNA. Por exemplo, uma cadeia de RNA com a sequência de bases UGGCGUACG teve como molde na cadeia de DNA uma sequência ACCGCATGC.
- No processo de síntese proteica participam 3 tipos de RNA: **RNA ribossómico** (RNA_r), **RNA transportador** (RNA_t), **RNA mensageiro** (RNA_m).
- O RNA_m, tem como função transportar, sob a forma de código, a informação contida numa determinada porção de RNA para os ribossomas, onde é traduzida na respectiva proteína.
- Nas células eucarióticas, as moléculas de RNA_m, sofrem um processo de maturação (**processamento do RNA**) antes de sair do núcleo através dos poros da membrana nuclear: são removidos os **intrões** (não contém informação para a síntese proteica) e permanecem os **exões** (com informações para a síntese de proteínas).
- Cada conjunto de três nucleótidos na cadeia de RNA_m designa-se por **codão** e corresponde a um aminoácido específico.
- **RNA_t** são pequenas moléculas dispersas no citoplasma. A sua função é transportar, até aos ribossomas, aminoácidos específicos necessários à síntese proteica.
- Os **RNA_t** possuem duas regiões importantes, uma extremidade onde se liga o aminoácido, e uma zona constituída por um conjunto de bases, denominada **anticodão**, que permite ao RNA, emparelhar-se temporariamente com o codão.
- **RNA_r** são moléculas globulares que, associadas com proteínas, formam os ribossomas e os nucléolos.
- A **correspondência entre os codões de RNA_m** e os **aminoácidos** por eles determinados constitui o **código genético**.
- As bases azotadas A, U, C e G do RNA_m, agrupadas três a três formam 64 codões diferentes. Destes apenas 61 correspondem a a.a. e os restantes funcionam como codões de **finalização** (STOP na tabela). O codão AUG é o codão de **iniciação**.

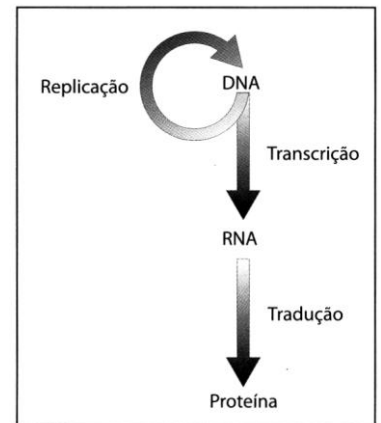
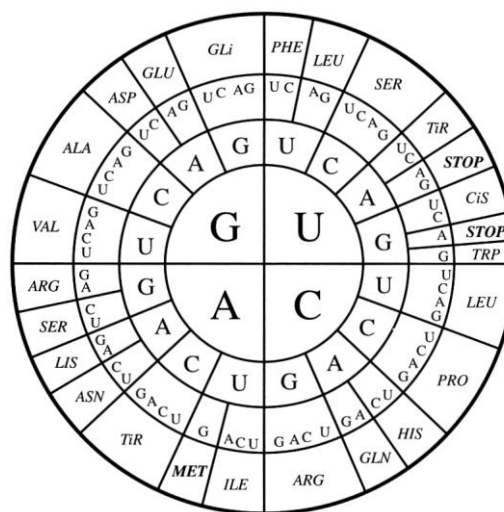


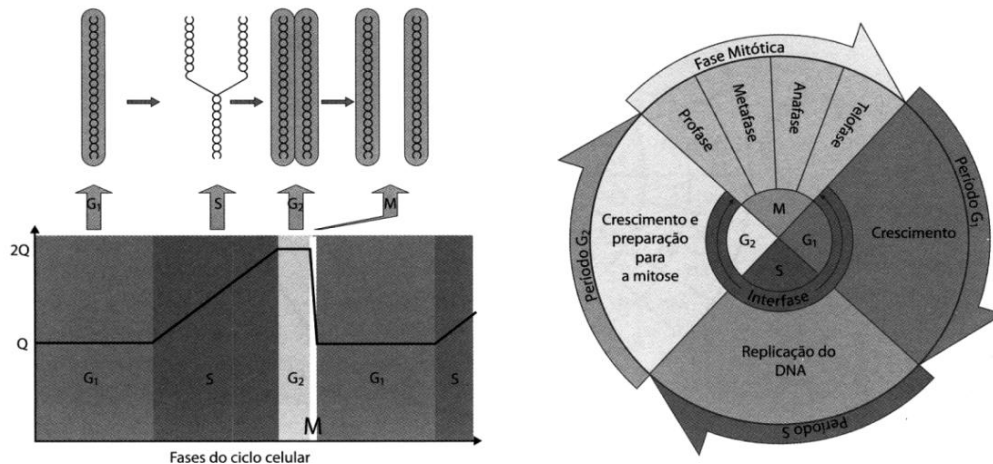
Tabela do código genético



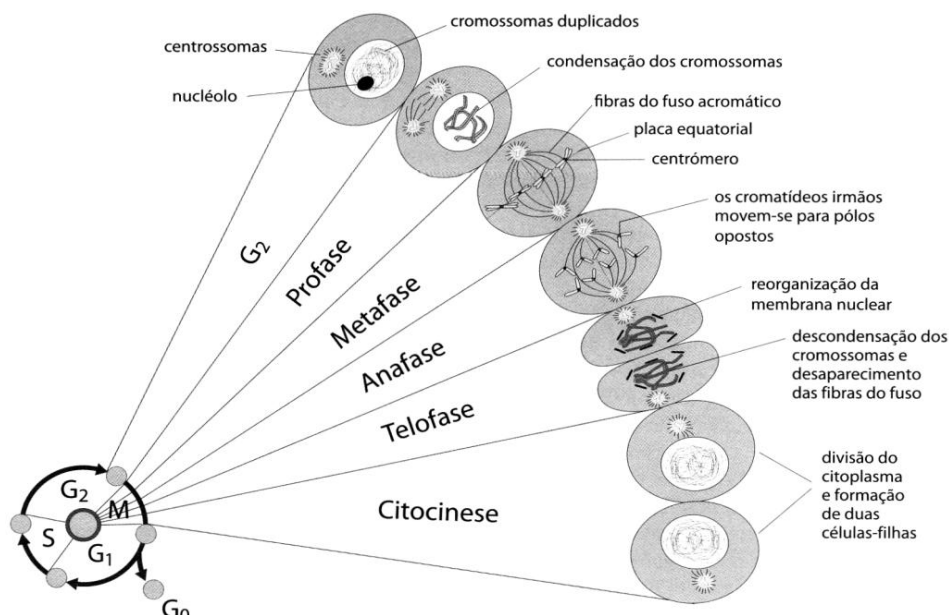
- A maioria dos a.a. são codificados por mais que um codão (código genético **degenerado**), o que protege os seres vivos de alterações que possam ocorrer no DNA, já que a mudança de um nucleótido pode muitas vezes não alterar a ordem dos a.a. nas proteínas.
- O código genético é basicamente o mesmo em todos os organismos e por isso se diz **universal**.
- Os **ribossomas** são pequenos organitos que se podem encontrar acoplados à face externa da membrana do RER ou dispersos no citoplasma. São constituídos por duas subunidades, a maior e a menor. Por vezes podem encontrar-se vários associados à mesma molécula de RNA_m, formando os polirribossomas.
- A **tradução** é o processo de síntese de uma cadeia polipeptídica de acordo com a sequência de codões existentes no RNA_m. Este une-se a um ribossoma e posiciona-se para ser lido em grupos de três (os **codões**). O ribossoma, ao avançar sobre o RNA_m possibilita que os diferentes codões se liguem ao RNA_t cujos anticodões são complementares. Simultaneamente, os aminoácidos transportados pelos RNA_t unem-se através de ligações peptídicas, originando-se assim uma molécula de proteína.

Ciclo celular e mitose

- O **ciclo celular** é o conjunto de transformações que uma célula sofre desde a sua formação, por divisão da célula-mãe até que a mesma célula se divide. Possui duas etapas: **interfase** e **fase mitótica**.
- **Interfase** é o período compreendido entre 2 divisões sucessivas. É geralmente mais longo que a fase mitótica e normalmente divide-se em 3 etapas: **G₁**, **S**, **G₂**.
- A fase mitótica compreende à **mitose** (divisão do núcleo) e à **citocinese** (divisão do citoplasma).
- A **fase G₁** segue-se à divisão da célula e tem uma duração variável. Algumas células de mamíferos entram, durante a fase G₁, num **estado de repouso**, designado G₀, no qual podem permanecer durante um período variável que pode ser de anos. Células como os neurónios não voltam a dividir-se e permanecem sempre em G₀. Nesta fase a célula sintetiza biomoléculas, desenvolve organitos e estruturas membranosas, até atingir o tamanho adequado a uma nova divisão.
- Na **fase S**, o **DNA replica-se** e sintetizam-se proteínas a ele associadas.
- Na **fase G₂** há uma intensa síntese proteica. A célula assegura-se de que a replicação terminou com êxito e pode iniciar a mitose logo que as condições forem favoráveis.



- O processo de mitose encontra-se dividido em quatro fases sequenciais: **profase**, **metafase**, **anafase** e **telófase**.
- Na **profase**:
 - os cromossomas condensam-se, tornando-se progressivamente mais curtos e mais grossos, individualizam-se, sendo cada um constituído por 2 cromátídeos idênticos, unidos por uma região muito condensada de cromatina, o centrómero;
 - desorganiza-se a membrana nuclear e os nucléolos;
 - inicia-se a formação do fuso acromático;
 - os centríolos deslocam-se para os pólos da célula.
- Na **metafase**, os cromossomas posicionam-se na região equatorial do fuso acromático, formando a **placa equatorial** ficando ligados às fibras do fuso pelo cinetocoro e com os cromátídeos-irmãos voltados para pólos opostos.
- Na **anafase** ocorre a separação dos cromátídeos-irmãos que são puxados pelas fibras do fuso acromático (**ascensão polar**).



- Na **telofase** formam-se novas membranas à volta dos núcleos filhos e de um modo geral ocorrem acontecimentos inversos aos da profase.
- A **citocinese** ocorre no final da mitose. Nas células animais ocorre geralmente por estrangulamento da célula na região equatorial causado por filamentos contrácteis (anel contráctil). Nas células das plantas forma-se a **placa celular**, a partir do conteúdo de vesículas golgianas, ricas em pectina, que se unem do centro para a periferia.
- O **ciclo celular** é coordenado por um sistema de proteínas de controlo. Existem dois pontos de controlo particularmente importantes: antes do final de G₁ e outro em G₂. Este sistema actua em resposta a sinais internos (replicação correcta do DNA, tamanho da célula, posição correcta dos cromossomas, etc.) e externos (temperatura, disponibilidade de alimento, etc.). Este controlo é muito importante, já que impede que a mitose progrida antes de estarem asseguradas as condições para tal acontecer.
- O descontrolo destes sistemas pode inviabilizar o normal funcionamento das células, bem como dos organismos a que pertencem, podendo ocorrer, por exemplo, uma multiplicação celular descontrolada como acontece com as células cancerosas.

Crescimento e regeneração de tecidos vs diferenciação celular

- Nos seres unicelulares, a mitose está associada à reprodução. Nos seres pluricelulares, a mitose está implicada nos processos de multiplicação, crescimento e renovação celulares.
- Células **totipotentes** são células não diferenciadas com capacidade para originar todas as células de um organismo.
- Os seres pluricelulares têm origem numa primeira célula, o ovo, que é uma célula **indiferenciada**, ou célula totipotente, capaz de dar origem aos diferentes tipos de células de um organismo.
- O ovo, ao dividir-se, origina células indiferenciadas que a partir de determinado momento sofrem **diferenciação celular** e tornam-se células especializadas.
- Algumas células especializadas conseguem reverter a diferenciação e adquirir de novo capacidade de divisão e dar origem a indivíduos adultos geneticamente iguais à célula que os originou: os clones.
- A clonagem é um processo que permite obter clones.
- Quanto menor for o grau de diferenciação de uma célula, maior é a sua capacidade de originar outros tipos de células especializadas.
- É a expressão diferenciada dos genes que origina a diferenciação celular. De acordo com os genes que se encontram activos numa célula, assim será definida a sua função e estrutura.
- A regulação da expressão génica é mais complexa nos eucariontes que nos procariontes.
- Nos eucariontes pode ocorrer a diferentes níveis nas células: na transcrição, no processamento do RNA_m na tradução, e na pós-tradução.
- Nos procariontes, a regulação génica é feita ao nível da transcrição.
- Existem genes que regulam o funcionamento de outros genes.
- Podem ocorrer erros durante os procedimentos de divisão e diferenciação celulares, às vezes provocados por factores ambientais que produzem deficiências no mecanismo de regulação da expressão génica, como é o caso das radiações, algumas drogas e vírus.
- Alterações no mecanismo de regulação podem levar a um aumento da proliferação celular (tumor) ou a uma diminuição da apoptose (morte celular programada).
- As células dos tumores malignos podem espalhar-se pelo organismo, invadindo tecidos vizinhos (metastização).

Reprodução

- A reprodução nos seres vivos pode ser **assexuada** ou **sexuada**.

Reprodução assexuada

- Na reprodução assexuada, os novos seres originam-se por mitose a partir de fragmentos do organismo progenitor. Sucessivas mitoses permitem o crescimento do organismo pluricelular e a posterior separação e desenvolvimento de uma parte do mesmo organismo, formando novos descendentes geneticamente idênticos ao progenitor.
- Tem a vantagem de produzir rapidamente um grande número de descendentes, todos iguais entre si e ao progenitor, os clones.
- Tem a desvantagem de reduzir a variabilidade genética.

Estratégias reprodutoras

- A **divisão binária** ou cissiparidade é o processo utilizado pela maioria dos organismos unicelulares (bactérias, protozoários e algas unicelulares), no qual o DNA replicado e o citoplasma da célula-mãe se dividem equitativamente por duas células-filhas.
- A **divisão múltipla**, ou esquizogonia, é a divisão de uma célula em que o núcleo sofreu mitoses sucessivas, dando-se apenas no final a divisão do citoplasma. Pode ocorrer nalguns protozoários como o *Plasmodium*, causador da malária.
- A **fragmentação** é um processo em que se destacam fragmentos do corpo de um organismo. Estes têm capacidade de regenerar as partes em falta. Pode ser observado nas estrelas-do-mar, na planária, em algas filamentosas e em fungos.
- **Gemulação** é um processo em que, numa zona do indivíduo adulto, cresce uma protuberância, a gema ou gomo e dá origem a um novo ser vivo que fica ligado ao progenitor ou se separa e fica livre. São exemplos as leveduras, as esponjas e as hidras.
- Na **partenogénese**, o desenvolvimento de seres faz-se a partir de óvulos não fecundados. Ocorre naturalmente em certos organismos como abelhas e formigas, mas pode ser provocado por estimulação química ou física do óvulo. Algumas espécies mais evoluídas incluindo plantas, invertebrados e alguns vertebrados como peixes, anfíbios, répteis e, raramente, aves são capazes de se reproduzirem assexuadamente se as condições ambientais não forem propícias ou em ocasiões em que haja um desequilíbrio da razão sexual (número de machos em relação ao total de fêmeas) ou quando fêmeas migram para locais onde não existam machos disponíveis.
- **Esporulação** é um processo em que há produção de células especializadas, os esporos, que se libertam do progenitor e, ao encontrarem um ambiente favorável, multiplicam-se e dão origem a um novo indivíduo.
- A **multiplicação vegetativa** é a designação atribuída à reprodução assexuada, quando os novos organismos resultam de células ou tecidos não especializados para a reprodução. Por exemplo, uma batata (caule) origina uma batateira.
- A multiplicação vegetativa pode ser feita de forma artificial por vários processos: **estaca**, **mergulhia**, **alporquia** e **enxertia**. Este tipo de propagação é muito utilizado na agricultura.
- A micropropagação vegetativa permite clonar num curto espaço de tempo um grande número de espécies, sendo um processo importante na produção de alimentos e contribuindo para minorar o problema da fome do mundo.
- A clonagem pode aplicar-se às plantas e aos animais.
- A reprodução assexuada é um processo natural de clonagem com vantagens e inconvenientes:

Vantagens	Desvantagens
- Rápido crescimento populacional. - Possibilidade de reprodução de seres vivos que vivem isolados e/ou que não se deslocam rapidamente. - Produção de grandes quantidades de alimento. - Possibilidade de introduzir genes com interesse nas células que vão ser clonadas utilizando técnicas de engenharia genética.	Todos os descendentes são geneticamente idênticos ao progenitor, o que reduz a variabilidade genética e a possibilidade de sobrevivência caso as condições ambientais sofram alterações.

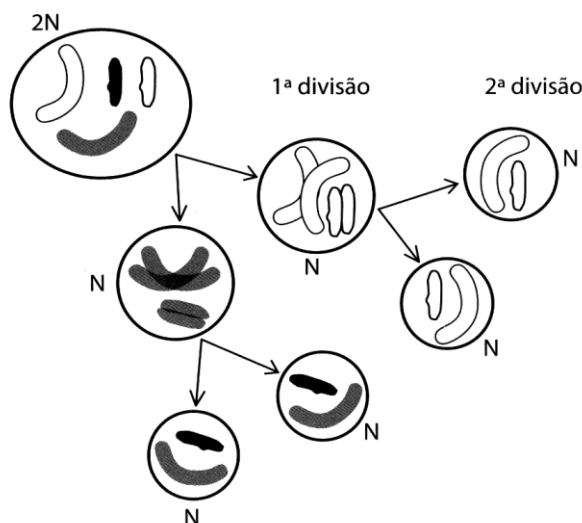
Reprodução sexuada

Meiose e Fecundação

- Na **reprodução sexuada** ocorre a **fecundação** após a fusão das células reprodutoras ou gametas.
 - A **meiose** e a **fecundação** alternam entre si para que não exista duplicação dos cromossomas ao longo de cada geração.
 - Os seres que se reproduzem sexuadamente podem ser classificados em **monóicos** ou **hermafroditas** e **dióicos**.
 - Os organismos dióicos apresentam sexos separados e os hermafroditas apresentam os dois sexos reunidos no mesmo indivíduo, produzindo simultaneamente gametas masculinos e femininos.
- Alguns organismos hermafroditas têm **fecundação cruzada**, ou seja, é necessário a intervenção de dois indivíduos para haver fecundação.

- A produção de gametas ocorre em estruturas especializadas designadas **gametângios** nas plantas e **gónadas** nos animais.
- Nos animais as gónadas masculinas denominam-se testículos e produzem as células reprodutoras masculinas, os **espermatozóides**. As gónadas femininas denominam-se **ovários** e produzem as células reprodutoras femininas, os **óvulos**.
- Os gametas são células **haplóides** (n), isto é, são células que possuem um número de cromossomas desemparelhados (metade do número característico da espécie), correspondendo a um cromossoma de cada par de cromossomas **homólogos**.
- Células **diploides** possuem pares de cromossomas **homólogos**. Os cromossomas de um par de homólogos são idênticos no tamanho e na forma, possuem genes equivalentes, com informações para as mesmas características (mas essas informações não são necessariamente iguais).
- **Meiose** é processo de divisão nuclear utilizado pelos seres vivos na produção de gametas e esporos.
- A meiose é precedida pela replicação do DNA (durante a fase S da interfase) ficando cada cromossoma constituído por dois cromatídeos iguais (**cromatídeos-irmãos**) e envolve duas divisões sucessivas:
 - Divisão I ou **divisão reducional**: reduz para metade o número dos cromossomas da célula-mãe.
 - Divisão II ou **divisão equacional**: onde se separam os dois cromatídeos de cada cromossoma.
- Cada uma das divisões tem **4 fases**, nas quais os acontecimentos são semelhantes aos da mitose e por isso possuem os mesmos nomes.
 1. A **profase I** é a etapa mais longa e complexa da meiose e nela ocorre:
 - desagregação da membrana nuclear e formação do fuso acromático;
 - condensação dos cromossomas;
 - os cromossomas homólogos, finos e compridos emparelham por um processo denominado sinapse, formando tétradas cromatídicas ou bivalentes;
 - crossing-over, ou seja, trocas de segmentos entre cromatídeos de cromossomas homólogos.
 2. Na **metafase I**, os cromossomas alinham-se em relação ao plano equatorial, com os centrómeros de cada par de homólogos orientados para lados opostos.
 3. Na **anafase I** ocorre a migração para pólos opostos da célula de cada um dos cromossomas homólogos, constituídos por dois cromatídeos ligados pelo centrómero.
 4. Na **telofase I**, os cromossomas voltam à forma filamentosa e reaparece a membrana nuclear. Formam-se dois núcleos podendo ocorrer ou não citocinese. Em geral, após uma curta interfase, entram na segunda divisão que em tudo se assemelha à mitose. Na divisão II, equacional, ocorre a separação dos cromatídeos de um mesmo cromossoma.
 5. Na **profase II**, os cromossomas constituídos por 2 cromatídeos condensam. Forma-se o fuso acromático. Desagrega-se a membrana nuclear e desaparecem os nucléolos.
 6. Na **metafase II**, os cromossomas alinham em relação ao plano equatorial (placa equatorial), com os centrómeros na zona equatorial.
 7. Na **anafase II**, as fibras do fuso puxam os cromatídeos-irmãos para pólos opostos (ascensão polar).
 8. Na **telofase II**, os cromossomas descondensam, os núcleos reaparecem e as membranas nucleares reorganizam-se. Divide-se o citoplasma por constrição da zona equatorial e individualizam-se as células-filhas.
- No final da meiose formam-se quatro células haplóides.

Síntese da meiose:



- Na meiose, tal como na mitose, podem ocorrer erros na distribuição do material genético (**mutações**) tanto a nível dos genes (**mutações génicas**) como a nível dos cromossomas (**mutações cromossómicas**). As mutações cromossómicas têm como consequência falta ou excesso de cromossomas nos gametas.

- Fenómenos que podem estar na origem das alterações:

- A não disjunção dos cromossomas na 1.^a divisão da meiose => uma das células recebe os dois cromossomas homólogos de um par e outra não recebe nenhum.

- A não disjunção na 2.^a divisão da meiose => uma célula recebe os 2 cromátídeos-irmãos de um cromossoma e outra não recebe nenhum.

- Quando um gameta com cromossomas a mais ou a menos se une a um gameta normal, forma-se um ovo ou zigoto com uma alteração cromossómica numérica. A maioria destas alterações provoca a inviabilidade do embrião, havendo no entanto algumas compatíveis com a vida, como o caso das síndromes de Down, Turner e Klinefelter.

- Na espécie humana, a frequência com que as não disjunções cromossómicas ocorrem está intimamente relacionada com a idade da mulher, aumentando muito a partir dos 35 anos.

- erros ao nível do crossing-over.

- A importância da reprodução sexuada é **promover a variabilidade genética** da descendência, constituindo uma vantagem adaptativa, pois aumenta a probabilidade de existirem indivíduos com características que lhes permitem sobreviver nas diferentes condições ambientais e transmitir essas características aos descendentes.

Reprodução sexuada e variabilidade

- O aumento da variabilidade genética está associado à reprodução sexuada. A presença de populações geneticamente heterogêneas é um factor importante para a sobrevivência a longo prazo das espécies no nosso planeta. Quanto mais cópias diferentes dos seus genes (conhecidas como alelos) uma espécie possuir, mais capacidade ela terá para enfrentar mudanças ambientais e novas pressões selectivas, e evitará por mais tempo a extinção.

- Por um lado, a variabilidade genética na reprodução sexuada é gerada pela própria combinação dos genomas dos progenitores: cada zigoto formado da união de ambos apresenta um conjunto distinto e único de genes.

- Outro factor por trás desta variabilidade é a troca de material genético entre cromossomas homólogos durante o crossing-over, que permite que sejam gerados gametas com um património genético diferente.

- Recentemente outras hipóteses têm sido sugeridas. Uma possibilidade é que a reprodução sexuada, além de aumentar a variabilidade genética, também iniba a acumulação de mutações deletérias em populações pequenas.

Ciclos de vida: unidade e diversidade

- O momento em que ocorre a meiose caracteriza o ciclo biológico da espécie:

- Nos animais ocorre imediatamente antes da fecundação (**ciclo diplonte**) para formar os gametas. A meiose é **pré-gamética**.

- Noutros seres como alguns protistas, entre os quais algas como a espirogira, a meiose ocorre logo após a fecundação, sendo o zigoto a única célula diplóide (**ciclo haplonte**). A meiose é **pós-zigótica**.

- Nas plantas existem duas entidades distintas, pluricelulares, uma com células haplóides (n), o **gametófito**, e outra diplóide (2n), o **esporófito**. Os gametófitos produzem gametas haplóides que se unem dois a dois, dando origem ao **zigoto**. Este desenvolve-se por mitose originando o **esporófito**. Na fase adulta as células do esporófito dividem-se por meiose e originam células haplóides, os **esporos**. A meiose é **pré-espórica**.

- Nas plantas existe **alternância de gerações**, isto é, no seu ciclo alternam entidades haplóides e diplóides.

- A intervenção do homem em qualquer uma das fases do ciclo de vida de um organismo pode interferir na conservação/evolução da espécie. É o caso do controle hormonal de pragas. Por vezes utilizam-se hormonal que impedem o desenvolvimento normal dos insectos, fazendo com que permaneçam sempre no mesmo estágio e morram.

Evolução Biológica

Unicelularidade e multicelularidade

- Os **eucariontes**, uni ou multicelulares, apresentam-se constituídos por células eucarióticas, cuja estrutura, mais complexa que a das células **procarióticas**, permite uma maior especialização e eficácia na realização das suas funções.

- No citoplasma evidencia-se o núcleo, limitado por uma dupla membrana e que contém a maior parte do DNA celular. Este DNA, associado a proteínas (**histonas**), forma os cromossomas, estruturas lineares, em número variável conforme a espécie.

- Ainda no citoplasma observam-se organitos como retículo endoplasmático, complexo de Golgi, mitocôndrias, cloroplastos (apenas nas células fotossintéticas) e ribossomas (comuns às células procarióticas).

QUADRO COMPARATIVO ENTRE CÉLULA PROCARIÓTICA VS EUCARIÓTICA

Características	Célula Procariótica	Célula Eucariótica
Dimensões	Possui 5 µm de diâmetro médio	Possui 40 µm de diâmetro médio
Parede celular	Parede celular rígida	Parede celular rígida presente apenas nas plantas e fungos
Material Genético	Sem invólucro nuclear. O material genético está no citoplasma, constituindo o nucleóide. O DNA é uma simples molécula circular em regra não associada a proteínas.	O material genético está encerrado no núcleo, que contém um ou mais nucleólos . As moléculas de DNA estão associadas a proteínas constituindo os cromossomas.
Organelos	Não possuem organelos (organitos) membranares. Apresentam ribossomas de dimensões inferiores aos das células eucarióticas.	Possuem muitos organelos membranares, como mitocôndrias, retículo endoplasmático, complexo de Golgi, etc.
Fotossíntese	Sem cloroplastos. A fotossíntese tem lugar em alguns casos em lamelas fotossintéticas.	As células vegetais possuem cloroplastos.

• Tendo em conta a evolução, considera-se a **origem das células eucarióticas a partir das células procarióticas**. Para explicar a sua origem há duas hipóteses:

Hipótese autogénica, que explica a origem da complexidade da célula eucariótica a partir da célula procariótica por um aumento progressivo do tamanho e por invaginações de porções da membrana citoplasmática e posteriores especializações que formariam os diversos organitos. Expansões membranosas que se verificam em algumas bactérias apoiam esta hipótese.

Hipótese endossimbiótica, que defende a origem da célula eucariótica na simbiose permanente entre vários procariontes especializados. Uma das células procarióticas, de maiores dimensões, capturava as outras e a relação simbiótica mantinha-se, constituindo organismos estáveis com novas características morfológicas e fisiológicas.

Apoiam esta teoria as características bioquímicas de certos constituintes (DNA e ribossomas) das mitocôndrias e dos cloroplastos e a sua capacidade de divisão e organização quase independente da célula.

• Apesar do sucesso dos seres unicelulares, a evolução não parou e caminhou no sentido de níveis de organização mais complexos: formas coloniais e seres multicelulares.

• Os procariontes apresentam formas de agregados celulares, embebidos numa massa gelatinosa, mas as células mantêm a sua independência, não estabelecendo entre si conexões estruturais. Geralmente, estas associações não são consideradas colónias.

• A definição de **colónia** varia com os autores, mas podemos considerar um grupo de indivíduos da mesma espécie com interdependência estrutural. São exemplos as colónias de *Clamidomonas* que podem viver sob a forma celular móvel ou sob a forma de colónias que se movem por acção coordenada dos flagelos de cada uma das células.

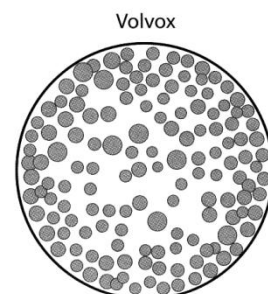
• A colónia mais espectacular é a da alga do género *Volvox* que se apresenta como uma esfera oca, constituída por milhares de células biflageladas com características exclusivamente somáticas, porque outras células têm funções exclusivamente reprodutoras. Assim, nesta colónia já se verificam as seguintes características: **polaridade, especialização e coordenação**, que se manifestam no movimento dos flagelos.

• Aceita-se, como hipótese, que foi o aumento progressivo da especialização morfológica e funcional das colónias que levou à origem dos seres multicelulares, pois a distinção entre estas duas formas de organismos é baseada no grau de diferenciação. Não é fácil estabelecer distinção, pois há organismos multicelulares em que as células não estão diferenciadas para formar tecidos ou órgãos.

• Admite-se que a origem da multicelularidade possa ter seguido uma das seguintes vias:

— **Formação de colónias**, em que as células se dividem ficando, contudo, associadas, aprofundando entre si relações estruturais e aumentando o grau de diferenciação e especialização celular. Poderia ter sido esta a origem das algas e plantas.

— **Por celularização**, em que o núcleo se multiplica sem que o citoplasma se divida, formando estruturas cenocíticas. Mais tarde, por divisão do citoplasma, seguida de diferenciação, originar-se-iam organismos multicelulares. É uma possível origem dos animais.



Vantagens da multicelularidade:

- Permitiu o aparecimento de organismos de maiores dimensões e a selecção natural favoreceu-os.
- Aumentou a diversidade de seres, permitindo melhores adaptações a diferentes meios.
- Criou um meio interno com capacidade de homeostasia.

Nota: A especialização beneficia o organismo, embora torne cada célula mais dependente das outras células.

Mecanismos de evolução

- Existem dois tipos de explicações para a enorme diversidade dos seres vivos: **fixismo** e **evolucionismo**.
- As **teorias fixistas** consideram as espécies imutáveis ao longo do tempo e das gerações, permanecendo independentes quanto à sua origem.
- As teorias evolucionistas ou transformistas aparecem na segunda metade do século XVIII e admitem que ao longo do tempo as espécies se modificam e podem originar outras espécies.

Fixismo

- Permaneceu durante muitos anos devido aos poucos conhecimentos científicos e ao forte apoio dos princípios religiosos.
- **Hipótese da geração espontânea**: os seres vivos formam-se, constante e espontaneamente, a partir de matéria inanimada.
- **Hipótese criacionista**: as espécies surgiram tal como se apresentam actualmente, como produto de um acto sobrenatural, como está descrito no Antigo Testamento.
- **Lineu** foi um defensor convicto do criacionismo, apesar de os seus trabalhos terem contribuído para o desenvolvimento do evolucionismo.
- Também **Cuvier** foi adepto do criacionismo. Propôs a hipótese catastrófica ou de criações ocasionais que repovoariam regiões onde cataclismos teriam destruído as formas vivas, para tentar conciliar os dados fornecidos pela paleontologia com o fixismo.

Evolucionismo

- A classificação dos seres vivos iniciada por Lineu revelou semelhanças entre os seres vivos, sugerindo relações de parentesco e uma possível origem comum, levando a que fossem questionadas as ideias fixistas
- O estudo dos fósseis permitiu verificar que algumas espécies encontradas não correspondiam a espécies actuais e que por vezes existiam fósseis diferentes em estratos consecutivos.
- As primeiras ideias evolucionistas surgiram em França com **Buffon e Maupertuis**. Buffon (1707-1788) foi o primeiro a sugerir abertamente que espécies relacionadas teriam um ancestral comum. Maupertuis (1698-1759) defendeu as ideias transformistas e acreditava que os seres vivos resultavam de uma selecção provocada pelo ambiente.
- Charles Lyell concluiu que as leis naturais são constantes no espaço e no tempo.
- O desenvolvimento da Geologia e os trabalhos do geólogo James Hutton indicavam que os fenómenos geológicos existentes (como a erosão e a sedimentação) actualmente eram idênticos aos que ocorreram no passado, produzindo profundas mudanças na Terra. Propôs a teoria do **uniformitarismo** (ou princípio das causas actuais).
- Por outro lado, **Cuvier** argumentou que as catástrofes (erupções vulcânicas, sismos) destruíam a maioria dos seres numa determinada área, sendo posteriormente repovoada por outros seres vivos.
- Utilizou os seus conhecimentos de anatomia para descrever as semelhanças entre os organismos. Foi o primeiro a reconhecer o princípio da sobreposição dos estratos: os estratos inferiores (e os fósseis neles existentes) são mais antigos que os que os recobrem.
- Em 1809, o taxonomista francês **Lamarck** (1744-1829) foi o primeiro a propor um mecanismo para a evolução dos seres vivos.
- A **teoria de Lamarck** formulou dois princípios fundamentais:
 - **Lei do uso e do desuso**: O ambiente pode forçar o ser vivo a mudar de hábitos, aquando do desenvolvimento de certas estruturas e atrofia de outras.
 - **Lei da transmissão das características adquiridas**: as modificações dos órgãos resultantes do uso ou desuso são transmitidas à descendência.
- Segundo Lamarck, a evolução ocorre em várias etapas:
Alterações ambientais → Criam novas necessidades nos seres vivos → Adquirem novos comportamentos que levam ao desenvolvimento (uso) ou atrofia (desuso) dos órgãos → As novas características são transmitidas à descendência
- Tem sido uma teoria muito criticada, em especial por considerar a transmissão hereditária dos caracteres adquiridos e por não sugerir qualquer tipo de parentesco evolutivo entre as diferentes espécies.
- **Darwin**, durante a sua viagem no **Beagle** como naturalista, observou a distribuição de organismos em diferentes *habitats* e as suas relações com as formações geológicas, o que contribuiu para fundamentar a sua teoria. Observou que adaptações idênticas podem levar a uma evolução convergente.

- O **Darwinismo** apoia-se nos seguintes factos:

1. As populações tendem a crescer rapidamente em progressão geométrica, pois possuem um elevado potencial reprodutivo. No entanto mantêm-se relativamente constantes ao longo do tempo, devido a limitações ambientais, como, por exemplo, a quantidade de alimento e habitat disponível, a existência de predadores, etc.

Conclusão: Muitos dos indivíduos morrem não deixando descendentes.

2. Os indivíduos de uma população apresentam variações.

Conclusão: Em cada geração, os indivíduos que apresentam variações vantajosas sobrevivem (**selecção natural**).

3. A maioria das características que um indivíduo possui também se encontra nos seus descendentes.

Conclusão: Os indivíduos favorecidos pela selecção natural transmitem as suas características aos descendentes.

- O **Darwinismo** ou **teoria da selecção natural**, privilegia as ideias de **variação** e de **selecção natural**.

Assim, segundo Darwin, a evolução ocorre devido a variações que surgem nos indivíduos e que os tornam mais ou menos aptos na competição que se estabelece entre eles. Os menos aptos, isto é, os indivíduos com variações desfavoráveis, são eliminados por acção da selecção natural. Os mais aptos reproduzem-se, aumentando, nas gerações seguintes, o número de indivíduos com as características mais favoráveis.

- Para **Darwin**, as principais forças motoras (factores) da evolução do mundo orgânico são a **luta pela sobrevivência** e a **selecção natural** actuando sobre a variabilidade hereditária.

- Faltava a Darwin conhecer factos relativos à Genética, à Embriologia, à Paleontologia, etc., para explicar o facto de as variações se conservarem intactas de uma geração para a seguinte.

QUADRO COMPARATIVO DARWINISMO VS LAMARCKISMO

Lamarckismo	Darwinismo
O ambiente cria necessidades e promove o desenvolvimento de certas estruturas e/ou atrofia outras.	O ambiente selecciona as estruturas mais aptas para determinado ambiente.
As características adquiridas são transmitidas aos descendentes.	Os seres mais aptos sobrevivem mais tempo e reproduzem-se mais (reprodução diferencial), transmitindo as características aos descendentes.
Os indivíduos adquirem as diferentes características pelo uso ou desuso de determinado órgão.	Entre os indivíduos de uma população existe variabilidade e alguns apresentam características que lhes conferem vantagens adaptativas.

- A teoria darwinista foi revista e corrigida vezes sucessivas, pois foram sendo considerados outros dados científicos tais como:
 - em finais do século XIX, Weissmann insiste na impossibilidade da transmissão dos caracteres adquiridos;
 - as leis de Mendel foram redescobertas em 1900;
 - de Vries apresenta a noção de mutação;
 - a Genética das Populações e a Biologia Molecular trazem novas informações sobre o material genético. Chamou-se à nova teoria **Neodarwinismo**.

- O **Neodarwinismo** surge gradualmente no início do século XX. Além das ideias fundamentais de Darwin sobre variações e selecção natural, reúne dados da Genética, da Paleontologia, da Biogeografia, da Embriologia, da Sistemática e, mais recentemente, da Etologia. Chamou-se, por isso, **Teoria Sintética da Evolução** ou **Neodarwinismo**.

- Todos os mecanismos de evolução actuam sobre uma variabilidade genética que deve ser mantida, pois garante à população maior capacidade de resposta a eventuais alterações do meio.

- Os **factores de variabilidade** são:

a) **Recombinação dos genes** que resulta da reprodução sexuada pela ocorrência da segregação independente dos cromossomas, do crossing-over e da fecundação ao acaso.

b) **Mutações** génicas ou cromossómicas que introduzem genes novos.

c) **Selecção natural**, mecanismo que elimina os indivíduos desajustados ao meio e privilegia os mais aptos, com maior capacidade de sobrevivência e de reprodução.

d) **Isolamento**, que impede a troca de genes com outras populações, mantém e aprofunda a variabilidade entre populações.

- Desde o século XIX que vêm sendo estudados factos que são **argumentos a favor da evolução**. São de origens diversas:

a) Da **Paleontologia** — Dados fornecidos por fósseis de formas extintas, isto é, formas sem representantes actuais. São de grande importância os fósseis de transição, porque apresentam características intermédias de grupos actuais, de que são exemplos:

— As Pteridospérmicas, plantas semelhantes a fetos e com sementes.

— *Archaeopteryx*, com penas e asas e com dentes e cauda.

— *Ichthyostega*, peixe com patas, barbatana dorsal e pulmões.

b) Da **Anatomia Comparada** — A existência de:

- **Estruturas homólogas**, com o mesmo padrão anatómico básico que, por acção de uma evolução divergente, apresentam formas diferenciadas.
 - **Estruturas análogas** que, por evolução convergente, apresentam formas semelhantes, apesar de não apresentarem o mesmo padrão anatómico básico.
 - **Órgãos vestigiais**, reduzidos, sem função aparente em alguns organismos, embora desenvolvidos e activos noutros.
- c) Da **Bioquímica** — Além dos dados que apoiam a origem comum de todos os seres vivos, outros estabelecem semelhanças e diferenças a nível molecular (proteínas e DNA), mostrando maiores afinidades entre algumas espécies.
- d) Da **Taxonomia** — Existência de formas intermédias entre grupos taxonómicos.
- e) Da **Biogeografia** — Fauna e flora características de certas áreas geográficas.
- f) Da **Embriologia** — Comparando o desenvolvimento embrionário de diversos animais, podemos concluir sobre o seu grau de parentesco. Haeckel (século XIX) formulou a lei da **biogenética** ou da recapitulação que dizia que, durante o desenvolvimento embrionário, cada animal passa por fases correspondentes às fases adultas das espécies ancestrais. Esta lei foi posta em causa e reformulada por von Baer com o seguinte enunciado: O embrião de uma classe superior passa por estados que reproduzem, na totalidade ou em parte, estados embrionários característicos de animais sistematicamente inferiores.
- g) Da **Cariologia** — Espécies aparentadas têm cariótipos semelhantes.
- h) Da **Citologia** — Segundo a teoria celular, a célula é a unidade estrutural, fisiológica e genética de todos os seres vivos.

Seleccção natural, selecção artificial e variabilidade

- A teoria sintética da evolução admite que os três principais factores evolutivos são as **mutações genéticas**, **recombinação génica** e **selecção natural**, sendo os dois primeiros directamente responsáveis pela variabilidade genética das populações.
 - O processo evolutivo não é individual, **são as populações que evoluem**, isto é, apresentam variações no seu património genético sobre as quais actua a selecção natural.
- Os principais factores evolutivos são:
1. **Mutações**. Podem ser génicas, se alteram a constituição nucleotídica, ou cromossómicas, se alteram o número ou o arranjo dos genes ao longo dos cromossomas. Modificam a mensagem contida no DNA e, consequentemente, as características evidenciadas pelo organismo.
 2. **Seleccção natural** que elimina mais rapidamente genes prejudiciais dominantes do que os genes prejudiciais recessivos. É reconhecido o vigor dos híbridos, heterose, que consiste na superioridade dos heterozigóticos em relação aos indivíduos homozigóticos.
 3. **Deriva genética**. Em populações muito pequenas, com menos de cem indivíduos, as frequências genéticas sofrem variações ou flutuações, ao acaso, de geração em geração. Ocorre quando, por exemplo:
 - Um pequeno número de indivíduos se fixa num território novo, não ocupado.
 - Um grupo de indivíduos, ao acaso, morre, enquanto outro sobrevive.
 - Se dá o fraccionamento de uma população noutras muito pequenas por razões geográficas ou outras.
 - Há poucos indivíduos em estado de acasalamento e ocorre uma mutação.
 4. **Migração**. Produz fluxo negativo de genes (emigração), ou fluxo positivo (imigração).
 5. **Cruzamentos ao acaso**. Todos os indivíduos devem ter igual probabilidade de acasalamento, determinando a transmissão dos genes ao acaso.
 6. **Seleccção artificial**. O homem promove a selecção artificial. Ao longo de várias gerações cruza apenas indivíduos com as características pretendidas, obtendo importantes variedades de animais e plantas.

Sistemática dos seres vivos

Sistemas de classificação

- Classificar é uma necessidade face à diversidade dos seres vivos. Ao classificar os seres vivos, formam-se grupos de acordo com as suas características (**Taxonomia**) e atribuem-se-lhes nomes segundo regras preestabelecidas (**Nomenclatura**).
- Desde a Antiguidade que se agrupam os seres vivos, de acordo com os critérios que foram evoluindo à medida que se deram progressos nas ciências biológicas.
 - As primeiras classificações eram **classificações empíricas**, pois não se baseavam em características dos organismos. Destas fazem parte as **classificações práticas**, que traduzem interesses para o homem, como, por exemplo, da natureza alimentar, medicinal, etc.
 - As classificações que assentam em características dos seres vivos, são chamadas **classificações racionais**. Se se considerar uma, ou um reduzido número de características, designam-se **classificações artificiais** e caso se considere um grande número, **classificações naturais**. Estas surgiram na segunda metade do século XVIII, no período pós-lineano.

- Os critérios de classificação são de vários tipos:

— **Morfológicos:** Fáceis de utilizar, mas tendo em conta os casos de polimorfismo, metamorfoses, estruturas homólogas e análogas que podem induzir em erros, separando quem está relacionado e agrupando quem o não está.

Há um aspecto importante da morfologia externa que é a **simetria do corpo**. De acordo com esta, os seres vivos classificam-se em assimétricos, com simetria bilateral, com simetria radial ou radiada e com simetria esférica.

— **Tipos de organização estrutural.** Referem-se à existência ou não de núcleo, ao número de células e ao grau de diferenciação celular.

— **Tipos de nutrição.** Seres autotróficos, fazem a síntese da matéria orgânica. Podem ser fototróficos, se utilizarem a energia radiante ou quimiotróficos, se utilizam energia resultante de certas reacções químicas.

Seres heterotróficos, não fazem a síntese da matéria orgânica. Utilizam-na por absorção ou ingestão. No primeiro caso utilizam os nutrientes resultantes da digestão extracorporal ou os já existentes. No segundo caso, realizam a digestão dentro de células (digestão intracelular), ou em cavidades próprias (digestão extracelular).

— **Cromossómicos.** Têm em conta o cariótipo (arranjo cromossómico das células de um organismo). Há identidade entre os conjuntos cromossómicos das células dos indivíduos da mesma espécie e algumas semelhanças entre os cariótipos de indivíduos de espécies aparentadas.

— **Bioquímicos.** A análise das sequências das bases do DNA de organismos diferentes dá-nos o grau de parentesco entre eles. Usa-se o método de hibridação do DNA. Por processos variados podemos comparar certas moléculas proteicas de organismos diferentes.

— **Paleontológicos.** O conhecimento de formas extintas e de transição facilita a classificação.

— **Embriológicos.** Importantes para classificações filogenéticas.

— **Ecológicos e biogeográficos.**

— **Etológicos ou comportamentais.** Destacam-se os rituais de acasalamento que identificam indivíduos da mesma espécie ou de espécies diferentes.

- Da evolução dos sistemas de classificação podemos destacar três períodos:

Da Antiguidade a Lineu (até ao século XVIII). Eram classificações artificiais baseadas numa **nomenclatura polinomial**, com sistemas de 2 Reinos: *Animalia* e *Plantae*.

De Lineu até Darwin. Grande desenvolvimento da Nomenclatura com estabelecimento de regras, ainda hoje adoptadas, como por exemplo:

— Uso da língua latina para designar os **taxa** (plural de taxon = grupo taxonómico).

— **Nomenclatura binominal** para designar as espécies: dois nomes escritos em itálico, em que o primeiro, escrito com maiúscula, é o nome do género, e o segundo, com minúscula, é o restritivo específico. Pode seguir-se o nome do sistemata que descreveu e classificou a espécie e a data.

— O nome dos grupos superiores é uma só palavra escrita com maiúscula.

- Lineu classificou todas as espécies conhecidas, estabeleceu a nomenclatura binominal para a espécie e criou grupos taxonómicos superiores à espécie e respectiva hierarquia.

- Considerou a **espécie** como a **unidade biológica fundamental de classificação**, pois que é o taxon mais **natural**.

- **Género**, agrupa espécies com algumas características comuns;

- **Família**, taxon criado mais tarde e que agrupa géneros relacionados;

- **Ordem**, taxon que agrupa famílias;

- **Classe**, agrupa ordens.

- Mais tarde, Candolle criou os *taxa* designados Divisão, para as plantas, e Filo, para os animais, que agrupam classes com algumas características comuns.

- Os filós e as divisões agrupam-se em **Reinos**.

Depois de Darwin, as classificações têm em conta a filogenia das espécies e a existência de antepassados comuns a algumas delas. Surgem as classificações evolutivas ou filogenéticas.

- As **relações filogenéticas** estabelecidas pelos investigadores traduzem interpretações de dados recolhidos na paleontologia, na anatomia comparada e na embriologia, sendo, por isso, subjectivas. Estes dados nem sempre são fáceis de obter, como o caso do registo fóssil incompleto ou inexistente, os casos decorrentes da evolução divergente ou convergente e outros.

- A **escola fenética** privilegia os dados de observação directa, fenotípicos, especialmente os morfológicos. Estas classificações são chamadas **classificações horizontais** e são **estáticas** porque não consideram o factor tempo nem a evolução das espécies. Representam-se por **chaves dicotómicas**, dendrogramas e diagramas encaixastes.

- A **escola filogenética** ou **cladística** atribui maior valor às relações evolutivas e de parentesco entre as espécies e dá muita importância às interpretações dos dados paleontológicos, anatómicos, embriológicos, genéticos e bioquímicos que lhes permitem conhecer a história evolutiva das espécies.

- As **classificações evolutivas** ou **filogenéticas** são **classificações verticais**, porque consideram o factor tempo e são **dinâmicas** porque admitem a evolução das espécies. Conhecendo a história evolutiva, localizam-se no tempo os pontos de divergência e constroem-se esquemas, chamados árvores filogenéticas, que traduzem a filogenia dos grupos.

Sistema de classificação de Whittaker modificado

- O Reino é o *taxon* de maior amplitude, logo o menos natural, pois inclui indivíduos muito diversos. Isto explica que a divisão dos seres vivos em Reinos tenha variado, ao longo do tempo, tal como os critérios utilizados, tornando muito difícil um acordo entre os autores.
- A classificação clássica em dois reinos, o Reino **Animalia**, que incluía os seres não fotossintéticos e com locomoção, e o Reino **Plantae**, que incluía os seres sem locomoção, levanta problemas como: onde incluir seres fotossintéticos com movimento e os seres fixos não fotossintéticos?
- No século XIX, vários autores propuseram um terceiro Reino, designado mais tarde por Reino **Protista**, que incluía todos os seres de posição duvidosa.
- Já no século XX foi considerado um quarto Reino que inclui os procariontes, Reino **Monera**.
- Em 1969, **Whittaker** propõe o sistema de classificação de cinco reinos, baseando-se nos seguintes critérios:
 - a) Níveis de organização: existência ou não de núcleo organizado (eucariontes e procariontes) e numero de células (unicelulares e multicelulares).
 - b) Modo de nutrição: **autotróficos fotossintéticos** e **heterotróficos por absorção** ou por **ingestão**.
 - c) Posições relativas nas cadeias alimentares: **produtores**, **consumidores** (ou **macroconsumidores**) e **decompositores** (ou **microconsumidores**).
- Os Reinos são:
 1. **Monera**, procariontes, inclui bactérias e cianobactérias.
 2. **Protista**, eucariontes e unicelulares, inclui protozoários, euglenófitas, crisófitas e pirrófitas.
 3. **Fungi**, eucariontes, multicelulares ou multinucleados, heterotróficos por absorção, inclui os fungos. São microconsumidores.
 4. **Plantae**, eucariontes, multicelulares e autotróficos fotossintéticos, inclui as algas vermelhas (rodófitas), as algas castanhas (feófitas), as algas verdes uni e multicelulares (clorófitas), as briófitas e as traqueófitas.
 5. **Animalia**, eucariontes, multicelulares e heterotróficos por ingestão. São macroconsumidores.
- Por dificuldades resultantes da distribuição dos seres uni e multicelulares, **Whittaker, em 1979**, reformulou o seu sistema de classificação baseando-se no anterior, com as diferenças seguintes:
 - inclui todas as algas, uni e multicelulares, no reino Protista;
 - no Reino Plantae ficam incluídas apenas as Briófitas e as Traqueófitas.
- Ao considerar os componentes biológicos dos ecossistemas, fazemos uma **classificação ecológica** dos seres vivos:
 1. Produtores. Seres autotróficos, nomeadamente as plantas.
 2. Macroconsumidores. Seres heterotróficos que ingerem os alimentos, nomeadamente animais.
 3. Microconsumidores. Seres heterotróficos que absorvem produtos da decomposição da matérias orgânica. São especialmente bactérias e fungos.
- Em 1988, Margulis e Schwartz, baseados em estudos da estrutura microscópica das células e vias metabólicas, propuseram a existência de **dois domínios** ou super-reinos: **procariontes** e **eucariontes**.
- Propuseram também a divisão dos procariontes em dois grupos: **eubactérias** e **arqueobactérias**.
- Estudos posteriores sobre as sequências nucleotídicas de DNA codificadoras de RNA ribossomal, permitiram a elaboração de uma árvore filogenética pormenorizada e a proposta da classificação dos seres vivos em 3 domínios:
 - 1 — **Eubactéria** (procariontes mais comuns).
 - 2 — **Arqueobactéria**: seres vivos muitas vezes designados por extremófilos porque vivem em condições extremas (por exemplo, temperatura, acidez ou salinidade muito elevadas).
 - 3 — **Eucariota**: eucariontes mais comum.

«A natureza é racional e revelará os seus segredos àqueles que aprenderem a ler e a entender a sua linguagem.»

GEORGE-LOUIS LECLERC - Conde de Buffon

Geologia 10

A Geologia, os geólogos e os seus métodos

A Terra e os seus subsistemas em interacção

- A **Geologia** é a ciência que estuda a Terra, a sua estrutura, a composição, as dinâmicas externa e interna, a sua história e origem.
 - **Sistema** é qualquer fracção do Universo, constituído por um conjunto ordenado de elementos, materiais ou não, relacionados uns com os outros de modo a formar um todo.
 - Os sistemas podem ser **isolados** (não existem trocas de matéria e energia), **fechados** (existem trocas de energia mas não existem trocas de matéria) e **abertos** (trocam energia e matéria).
 - A **Terra é um sistema fechado**, já que troca energia com o espaço, mas não troca matéria. Nota: a matéria correspondente aos meteoritos é considerada desprezível quando comparada com a massa da Terra. É constituída por quatro subsistemas: **Geosfera, Biosfera, Atmosfera e Hidrosfera**.
 - **Geosfera**, parte sólida do planeta, constituída por rocha e produtos resultantes da sua alteração.
 - **Hidrosfera**, conjunto de todas as águas marinhas e continentais que cobrem o globo terrestre (mares, rios, lagos, águas subterrâneas, neve e gelo).
 - **Atmosfera terrestre**, mistura gasosa que envolve a Terra com cerca de 100 km de espessura média, que se mantém por acção da gravidade.
 - **Biosfera**, conjunto de todos os seres vivos interdependentes, e as regiões da Terra onde a sua existência é possível. Este subsistema depende do frágil equilíbrio com os outros subsistemas.
 - Os **subsistemas** são considerados como **sistemas abertos** em constante interacção e por isso uma alteração num deles afectará todos os outros. Qualquer desequilíbrio provocado pelo homem pode ter consequências num subsistema que poderá trazer alterações graves nomeadamente ao nível da adaptação de algumas espécies a essas mudanças e conduzir à sua extinção.
- São exemplos de interacções entre os diversos subsistemas:
- As alterações climáticas (atmosfera) provocadas pela intensa actividade vulcânica (geosfera) ou pela desflorestação (biosfera).
 - As erupções vulcânicas muito violentas podem libertar grande quantidade de poeiras e gases para a atmosfera que, ao cobrir a zona afectada, fazem a temperatura baixar, alterando a fotossíntese e todas as cadeias alimentares.
 - A exploração acentuada de combustíveis fósseis conduz ao aumento de gases com efeito de estufa (atmosfera) que provocam um aumento da temperatura superficial da Terra. Este aumento pode ter consequências diversas e graves:
 - Degelo das calotes polares e dos glaciares, provocando, entre outras, a inundação de zonas costeiras (hidrosfera).
 - Extinção de espécies (biosfera).
 - Aumento da desertificação (geosfera).

As rochas, arquivos que relatam a história da Terra

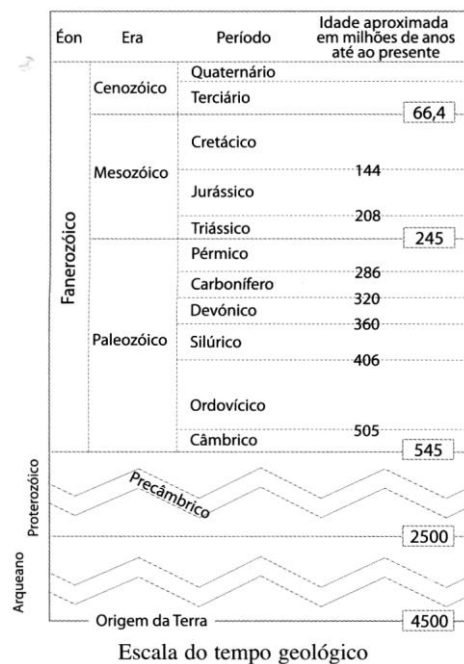
- O **ciclo das rochas**, litológico ou geoquímico, é a sequência de transformações, à superfície e em profundidade, que inclui a origem das rochas, o seu afloramento, destruição, percurso dos produtos de alteração até aos ambientes sedimentar, metamórfico e magmático. Os elementos químicos circulam incluindo-se em rochas, solo, ar, água e, também nos seres vivos. Permite relacionar rochas sedimentares, magmáticas e metamórficas.
- As **rochas sedimentares** são formadas a partir de fragmentos detríticos de outras rochas, envolvendo meteorização, erosão, transporte, sedimentação, afundamento e diagénese. Os sedimentos podem ter origem em **detritos** ou **clastos**, na precipitação de substâncias químicas dissolvidas e/ou em material de origem biológica.
- **Meteorização** é a transformação de uma rocha à superfície ou próximo dela, quando exposta aos agentes atmosféricos, onde coexistem seres vivos e fluidos superficiais nas condições normais de pressão e temperatura. A meteorização pode ser física ou mecânica e química ou bioquímica.
- **Erosão** é o processo de desgaste da parte superficial da Terra provocado pelos agentes externos.
- O **transporte** das partículas para outros locais, muitas vezes distantes, pode ser feito pela água ou pelo vento.
- **Sedimentação** é a deposição de materiais móveis transportados quando a **força da gravidade é maior que a capacidade de transporte** do fluido ou do vento. Por vezes também se depositam restos de organismos.

- À medida que as camadas se vão sobrepondo, os sedimentos são compactados (diminuem em volume) e afundam (**afundimento**), formando-se os estratos que possuem um limite superior (**tecto**) e um inferior (**muro**). Inicialmente estes estratos são horizontais, podendo posteriormente sofrer alterações de posição de acordo com as forças a que ficam sujeitos.
- **Diagénesis** é o conjunto de processos físicos e químicos de que resulta uma rocha consolidada, em condições de pressão e temperatura próximas da superfície. Pode incluir desidratação, compactação, cimentação e recristalização.
- As **rochas sedimentares** são importantes **testemunhos da história da Terra**, dado que ocorrem em estratos e muitas vezes possuem fósseis. O seu estudo permite tirar conclusões sobre a sua origem, as condições em que se formaram e ainda determinar a sua idade.
- As **rochas magmáticas** têm origem em magmas, material muito quente (800°C-1200°C) essencialmente silicatado, fundido, contendo, sob pressão, gases dissolvidos e podendo apresentar fases sólidas (minerais que cristalizam em primeiro lugar ou que não chegam a fundir).
- O magma consolida à **superfície** e dá origem a rochas **vulcânicas** ou **extrusivas** (por exemplo, basalto) ou consolida em **profundidade** dando origem a rochas **plutónicas** ou **intrusivas** como, por exemplo, o granito.
- As rochas intrusivas apresentam textura **fanerítica** (cristalina), resultam de magmas que evoluíram em profundidade ou se introduziram em rochas encaixantes e apresentam cristais bem desenvolvidos; as rochas extrusivas apresentam textura **afanítica** (com cristais de reduzidas dimensões), ou **vítrea** (sem cristais), em consequência das condições de arrefecimento rápido.
- Existem diferentes tipos de magmas:
Basálticos (manto) — Magmas pobres em sílica e fluidos, que dão origem, por exemplo, ao basalto e ao gabro.
Riolíticos (crosta continental) — Ricos em sílica e viscosos. Exemplo: riolito e granito.
Andesíticos (zonas de subducção, crosta oceânica — crosta continental) — Composição química e viscosidade intermédia. Ex: andesito e diorito.
- Dado que as rochas magmáticas são diferentes de acordo com a composição do magma, profundidade de arrefecimento e condições a que está sujeito, fornecem-nos informações sobre a sua origem e por isso permitem inferir o momento da sua formação.
- **Rochas metamórficas** resultam de modificações de outras preexistentes na crosta (magmáticas, sedimentares ou metamórficas) por acção de factores físicos e químicos (calor, pressão e fluidos) durante tempo suficiente para que a matéria da rocha no estado sólido se reorganize (recristalização de novos minerais estáveis), ficando em equilíbrio com as novas condições do meio.
- Uma única «rocha-mãe» pode dar origem a diversas rochas metamórficas de acordo com a temperatura e a pressão a que se formam. Por exemplo, a partir de um argilito pode formar-se ardósia, micaxisto ou gnaiss.
- Muitas vezes estas rochas apresentam fósseis que, em conjunto com a composição mineralógica que possuem, são um bom testemunho do passado, permitindo reconstruir o momento da sua formação. No entanto, as elevadas pressões e temperaturas podem destruir total ou parcialmente os fósseis.
- Se a rocha metamórfica apresentar foliação, como o gnaiss ou o xisto, sugere que a pressão a que foi sujeita permitiu a reorganização dos seus minerais, ao contrário de outras como o mármore, onde o factor dominante na sua formação foi a temperatura, não conferindo uma orientação aos minerais destas rochas.
- As rochas metamórficas podem fornecer informações sobre momentos de colisão de placas tectónicas, onde ocorreu metamorfismo regional, e momentos de intrusões magmáticas, onde ocorre metamorfismo de contacto, e ainda informações sobre a queda de meteoritos, que por vezes geram calor e fundem as rochas, formando os impactitos.

A medida do tempo geológico e a idade da Terra

- As rochas são importantes na reconstituição da história da Terra e por isso se estudam os seus constituintes e a sua organização, bem como a existência de fósseis.
- Um **fóssil** é qualquer resto ou vestígio de um ser vivo que existiu em épocas geológicas passadas, preservado nas rochas suas contemporâneas.
- Salvo raras excepções, a maioria dos fósseis encontra-se em rochas sedimentares. Em determinadas circunstâncias, se as condições de sedimentação o permitirem (soterramento rápido por sedimentos finos e ausência de oxigénio), os sedimentos que se depositam podem preservar organismos acabados de morrer ou algumas das suas estruturas orgânicas resistentes e também marcas deixadas pela sua locomoção.
- A datação da idade das rochas pode ser **relativa** ou **absoluta**.
- A observação de fósseis ou dos estratos onde estes se encontram permite fazer uma datação relativa das rochas, isto é, determinar qual a mais antiga e qual a mais recente.
- A **datação relativa** baseia-se nos seguintes pressupostos:
— **Princípio da horizontalidade**: os sedimentos são originalmente depositados horizontalmente.
— **Princípio da sobreposição dos estratos**: os estratos mais recentes sobrepõem-se aos antigos, se não houve deformação inicial (Steno, 1669)

- **Princípio da identidade paleontológica:** rochas com o mesmo tipo de fóssil têm a mesma idade.
- **Princípio da intersecção** ou **corte:** estruturas geológicas que intersectem outras são sempre mais recentes que estas últimas. É o caso de filões, falhas, metamorfismo, etc. (Hutton, 1788).
- **Princípio da inclusão:** qualquer rocha que contenha fragmentos de outra rocha é posterior a ela.
- A **datação absoluta**, radiométrica ou isotópica, permite determinar a idade das formações com base no decaimento radioactivo dos isótopos contidos nos minerais e nas rochas utilizadas como cronómetros geológicos.
- O **decaimento radioactivo** consiste na transformação de um átomo instável (**isótopo-pai**) noutro estável (**isótopo-filho**) com libertação simultânea de radioactividade e energia.
- O tempo necessário para que metade dos átomos pai se transforme em átomos filho designa-se **tempo de semivida** e é constante para um determinado elemento.
- Por exemplo, o período de desintegração de Ig de Urânio 238 a 0,5 g (metade da concentração inicial) demora 4500 Ma e a 0,25 g demora 9000 Ma.
- Quanto mais antiga é uma rocha, menor é a razão entre os elementos radioactivos e os estáveis, pois os primeiros já se desintegraram dando origem a elementos estáveis.
- As datações absolutas e relativas das rochas permitiram aos geólogos construir uma **escala do tempo geológico**. Esta divide-se em quatro unidades principais de tempo: éons, eras, períodos e épocas.
- Esta divisão foi feita de modo a dar relevo a importantes alterações globais utilizando os acontecimentos biológicos e climáticos mais importantes.
- A longa história da Terra tem sido marcada por vários acontecimentos importantes, dos quais se pode destacar:
 - Períodos de longa, intensa e contínua actividade vulcânica.
 - Períodos de grande aquecimento ou arrefecimento global, com efeitos mais ou menos acentuados na subida ou descida do nível do mar.
 - Intenso bombardeamento por corpos vindos do espaço, nomeadamente os meteoritos.



A Terra, um planeta em mudança

Princípios básicos do raciocínio geológico

- No século XVIII, o homem começou a preocupar-se com a origem e as transformações da Terra.
- Os estudos geológicos baseiam-se no reconhecimento dos seguintes princípios do raciocínio geológico:
 - O **uniformitarismo**: os processos geológicos, no passado tal como hoje, funcionam de forma **lenta, dinâmica e repetitiva**.
 - O **actualismo geológico**: Hutton, baseado no uniformitarismo, defendeu que no passado actuaram os mesmos processos e forças que actuam no presente: «O presente é a chave do passado.»
 - O **catastrofismo**: catástrofes muito violentas provocaram mudanças que alteraram a face da Terra.

Processos violentos /processos tranquilos

- Nos fins do século XVIII, com base no conhecimento dos fósseis, já se aceitava que as rochas testemunhavam a existência dos seres vivos, de épocas anteriores, que apresentavam estruturas mais simples.
- Para manter as ideias **fixistas**, em vigor até essa altura, Cuvier sugeriu que tinham existido vários cataclismos e, após cada um, Deus teria repovoado o mundo com novas provisões de seres vivos mais evoluídos e mais bem adaptados ao ambiente. Esta hipótese ficou conhecida por **catastrofismo**.
- As explicações de Hutton não conseguiram abolir de vez as explicações catastróficas, mas estas foram sendo abandonadas à medida que se instalava na comunidade científica a ideia de que as espécies evoluíram de forma gradual a partir de outras mais simples.
- Para o estudo da Terra, a geologia utiliza o **método científico** e ainda a comparação de observações directas de processos actuais com a informação que se encontra preservada nas rochas.
- Os fenómenos geológicos que hoje observamos não são os únicos com significado no estudo da Terra, e nem todos são lentos: um vulcão pode entrar rapidamente em erupção, uma falha pode provocar um terramoto, um grande meteorito pode atingir a Terra e abrir uma enorme cratera.
- Actualmente, a unanimidade em torno de que o impacto de um grande meteorito pode estar correlacionado com a **extinção em massa** que ocorreu há 65 Ma fez ressurgir ideias catastrofistas.

O mobilismo geológico. As placas e os seus movimentos.

- No século XX foi formulada uma das teorias mais importantes da geologia, a **teoria da tectónica de placas**, com base nas seguintes evidências:
 - A quase perfeita justaposição da costa ocidental da África e costa oriental da América do Sul.
 - As grandes semelhanças geológicas e paleontológicas entre os continentes do hemisfério sul e entre estes e a Índia.
 - As rochas da crosta oceânica são muito recentes quando comparadas com as rochas da crosta continental.
 - A existência de dorsais médio-oceânicas.
 - A camada de sedimentos que cobre os fundos oceânicos é mais espessa à medida que aumenta a distância ao rifte.
 - Existência de zonas com elevada incidência vulcânica e sísmica.
- Segundo a teoria da tectónica de placas, a litosfera encontra-se dividida em cerca de doze placas rígidas que se movimentam, as placas **tectónicas** ou **litosféricas**.
- O movimento relativo das placas define três tipos de limites:
 - **Limites divergentes**: as placas afastam-se, deixando entre si um espaço, e forma-se nova crosta por magma que ascende do manto e arrefece quando atinge a superfície. Ocorre nas **zonas de rifte**, está associado a fenómenos de vulcanismo e permite explicar a **expansão dos fundos oceânicos**, como acontece na dorsal médio-atlântica.
 - **Limites convergentes**: as placas aproximam-se e uma delas é arrastada para o interior da Terra, onde é reciclada (fundida e incorporada no manto). Este tipo de limites é o mais complexo.
- **Oceânico-Continental**: A placa oceânica, mais densa, mergulha sob a continental, num processo designado por subducção. O material que afunda acaba por fundir e ascender, produzindo fenómenos vulcânicos.
- **Oceânico-Oceânico**: A placa mais antiga sofre subducção ao longo da fossa. Aumenta a pressão e a água aprisionada nas rochas sobe à astenosfera para cima da placa. Este fluido provoca a fusão do manto, produzindo uma cadeia de vulcões (arcos vulcânicos).
- **Continental-Continental**: Nenhuma das placas sofre subducção. Na zona de colisão a espessura da crosta aumenta e surgem cadeias montanhosas.
- **Limites conservativos** ou transformantes: uma placa **desliza** horizontalmente ao longo da outra, mantendo-se a área de cada uma das placas. Encontram-se associados a fenómenos de **sismicidade intensa**. Exemplo: falha Açores-Gibraltar.
- A energia que tem origem no calor interno da Terra permite a tectónica de placas. As **correntes de convecção do manto** possibilitam o movimento das placas. Estas mergulham até ao limite núcleo-manto, onde as elevadas temperaturas tornam o material quente do manto mais plástico e menos denso, e as correntes de convecção ascendentes permitem que este material suba.
- O movimento das placas ao longo do tempo provocou alterações no nosso planeta:

- Formação de cadeias montanhosas;
- Deformação de materiais;
- Alteração na distribuição de seres vivos que pode ter levado à extinção de alguns grupos e à evolução diferenciada de outros, dadas as condições em que evoluíram, nomeadamente condições climáticas diferentes.

A Terra, um planeta muito especial

Formação do Sistema Solar

- **Nébulas** são nuvens gasosas interestelares constituídas principalmente por H (85%), He (15%) e uma pequena percentagem de elementos como: silício, alumínio, ferro, cálcio, oxigénio, carbono e azoto.
 - A **Teoria nebular** é, actualmente, a mais aceite para a origem da Terra e do Sistema Solar:
 - Uma nuvem de poeiras e gases, localizada num dos braços da galáxia Via Láctea, há cerca de 5000 milhões de anos (Ma), adquiriu movimento de rotação.
 - Por acção da força gravítica, foi progressivamente ficando mais densa e com maior velocidade.
 - A maior parte do material gasoso foi empurrado para o centro formando o proto-sol, a elevadas temperaturas.
 - O gás e a poeira restantes, em forma de disco achatado, acumularam-se em pequenos núcleos de condensação formando planetesimais (pequenos corpos rochosos) que, por aglomeração, teriam originado os protoplanetas.
 - Na zona mais perto do Sol, onde as temperaturas eram mais elevadas, ocorreu condensação de matéria que levou à formação dos planetas telúricos, terrestres ou interiores.
 - Na área mais afastada, onde a temperatura era menor, ocorreu condensação de matéria mais semelhante à da estrela formando os planetas gasosos, gigantes ou exteriores. Apoiam esta teoria os seguintes factos:
 - Todos os planetas apresentam movimentos orbitais, translações regulares, com a mesma direcção e quase realizadas no mesmo plano (complanares).
 - A datação de vários materiais do Sistema Solar aponta para a mesma idade da Terra e dos restantes corpos do Sistema Solar. Tal observação dá consistência à ideia de um processo de formação simultâneo.
 - A existência de meteoritos, asteróides e cometas, bem como a observação de crateras de impacto em Mercúrio, na Lua, em Marte e até na própria Terra, permite considerar razoável o processo de acreção (aglomeração de partículas).
 - Os planetas mais próximos do Sol são essencialmente constituídos por materiais mais densos e com pontos de fusão mais altos (silicatos, ferro e níquel), enquanto os mais afastados são ricos em elementos gasosos (hidrogénio e hélio).
 - Esta teoria deixa em aberto questões, por exemplo, relativas a Plutão, uma vez que:
 - está para além da cintura de asteróides e não é gasoso;
 - a sua órbita excêntrica chega mesmo a cruzar a órbita de Neptuno.
 - A União Astronómica Internacional (IAU) decidiu em 2006 que Plutão deixava de fazer parte do grupo de planetas e passou a considerá-lo planeta anão juntamente com Ceres (o maior asteróide da cintura de asteróides) e o 2003 UB 313, na cintura de Kuiper, popularmente conhecido como Xena, tendo adoptado a seguinte nomenclatura/classificação:
 - **Planeta** (principal ou satélite)
 - orbita em torno do Sol e a vizinhança da sua órbita está «livre» de outros objectos;
 - possui massa suficiente para manter a forma aproximadamente esférica.
 - Os oito corpos denominados planetas são classificados, atendendo à composição, em:
 - **Planetas telúricos** ou **rochosos**: Mercúrio, Vénus, Terra e Marte: constituídos principalmente por rochas e metais, possuem densidade elevada, baixa rotação, superfície sólida, nenhum anel e poucos satélites (ou nenhum).
 - **Planetas gasosos**: Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno: basicamente compostos por hidrogénio e hélio e, em geral, têm baixa densidade, alta rotação, atmosferas espessas, anéis e muitos satélites.
 - Os planetas telúricos também podem ser designados **pequenos** e **interiores** se os critérios considerados forem a **dimensão** e a **posição em relação à cintura de asteróides entre Marte e Júpiter**. Também os gasosos podem ser designados **gigantes** e **exteriores**.
 - **Planeta anão**
 - orbita em torno do Sol e a vizinhança da sua órbita **não** está «livre» de outros objectos;
 - possui massa suficiente para manter a forma aproximadamente esférica;
 - não é um satélite.
 - **Pequenos corpos do Sistema Solar** — Todos os outros objectos que não se enquadram nas categorias acima descritas serão assim designados colectivamente. Estão nestas condições **asteróides**, **meteoritos** e **cometas**.
- Nota: O desenvolvimento em simultâneo da Ciência e da Tecnologia veio proporcionar uma compreensão mais aprofundada do Universo que nos rodeia. Métodos de observação e de análise continuam a ser melhorados, fornecendo muitos mais dados acerca dos corpos celestes. **O conhecimento científico está sempre em construção.**
- **Asteróides:**

— corpos rochosos primitivos com dimensões diversas, desde alguns metros até centenas de quilómetros. A maioria agrupa-se em faixas orbitais chamadas cinturas:

—entre Marte e Júpiter

—para lá de Neptuno (cintura de Kuiper).

— Supõe-se que tiveram origem em planetesimais que não sofreram acreção.

— O seu estudo é essencial já que alguns apresentam órbitas que os aproximam da Terra.

• **Meteoritos:** corpos provenientes do espaço interplanetário e que colidiram com a superfície de um planeta, resultando, com frequência, uma **cratera de impacto**.

• **Cratera de impacto** — depressão mais ou menos circular, de rebordo saliente e cuja profundidade é variável consoante a massa e a velocidade.

• Os meteoritos podem resultar da fragmentação de asteróides ou de cometas. São agrupados de acordo com a sua textura e composição química e estudados detalhadamente na medida em que:

— Podem fornecer informações sobre a origem e evolução do Sistema Solar.

— Alguns contêm matéria orgânica na sua composição.

— Constituem material que chega do espaço exterior, amostras únicas de um passado inacessível.

— O carácter primitivo dos condritos (constituídos por aglomerados chamados cóndrulos) torna-os material essencial para o conhecimento da composição da nébula solar.

— Contêm informações anteriores ao registo geológico que está disponível à superfície da Terra, mais recente e sujeita aos processos de meteorização e erosão.

— A datação de meteoritos por métodos radioactivos contribuiu para a identificação da idade do Sistema Solar.

Cometas

• Cometas são corpos pequenos, frágeis e de formato irregular compostos por uma mistura de matéria sólida e gases congelados.

• Têm órbitas elípticas, excêntricas, que os trazem para muito próximo do Sol e os levam para longe no espaço, por vezes para além da órbita de Plutão.

• A estrutura dos cometas é diversa e muito dinâmica, mas todos desenvolvem uma nuvem de matéria difusa, chamada coroa, que cresce em diâmetro e brilho enquanto o cometa se aproxima do Sol. A **coroa** e o **núcleo** juntos constituem a **cabeça** do cometa.

• Quando os cometas se aproximam do Sol desenvolvem enormes caudas de matéria luminosa que se estendem por milhões de quilómetros da cabeça, na direcção oposta ao Sol.

• A matéria do cometa ao desintegrar-se deixa fragmentos e partículas que, ao cruzarem a órbita da Terra, podem originar chuvas de meteoros à sua passagem.

A Terra, um planeta único a proteger

A face da Terra. Continentes e fundos oceânicos

• **Áreas continentais**

— Ocupam 36% da superfície terrestre, sendo **29% emersas e 7% imersas**.

— A constituição rochosa predominante é o granito.

— Identificam-se na superfície emersa três unidades básicas:

Escudos ou cratões — Vastas extensões onde afloram rochas de idade pré-câmbrica que formam os núcleos de cada continente. São, em geral, as raízes das montanhas erodidas, apresentam muitas deformações (dobras e falhas), são planas e tectonicamente estáveis.

Plataformas estáveis — Zonas de escudos ou cratões que não afloram porque estão cobertas de sedimentos.

Cinturas orogénicas — Cadeias montanhosas alongadas, recentes, resultantes da colisão entre placas continentais ou entre uma placa continental e uma oceânica.

• **Oceanos**

Os fundos oceânicos apresentam montanhas, planícies e vales tal como os continentes; 7% dessa superfície é constituída por crosta continental imersa. Assim, no relevo submarino destacamos dois domínios:

—domínio **continental** com as unidades:

Plataforma continental

— Até à profundidade de 200 metros.

— Declive muito reduzido e extensão variável.

— Abundância de sedimentos.

— Diversidade e abundância de seres vivos.

Talude ou vertente continental

— Segue-se à plataforma continental até aos 2000 metros de profundidade ou mais.

— Tem declive muito acentuado.

— domínio **oceânico** com as unidades:

Planícies abissais — Extensas superfícies aplanadas cobertas de sedimentos finos que se estendem até profundidades da ordem dos 6000 metros.

Fossas oceânicas — Situam-se junto às margens dos continentes e prolongam-se em profundidade e em declive, após os taludes, até profundidades variáveis. A maior é a fossa das Marianas com 11 000 m.

Cristas ou dorsais oceânicas — Cadeias montanhosas simétricas relativamente a um vale profundo, o rifte, que se estendem pela superfície média dos oceanos. São interrompidas por falhas transversais.

Intervenções do Homem nos subsistemas terrestres

- O sistema Terra é altamente integrado e os diferentes subsistemas interagem por acções contínuas que, em geral, são lentas e graduais, mantendo o equilíbrio.
- A biosfera, o subsistema que contém todas as formas de vida, estende-se para o interior de cada um dos outros subsistemas e é, também, uma parte integrante da Terra.
- Ao longo da sua evolução, o Homem foi descobrindo meios de sobrevivência cada vez mais eficazes e novas formas de se adaptar ao ambiente, modificando-o. A população humana foi aumentando e ocupando novas áreas.
- Na actualidade, o **crescimento da população humana** e o **desenvolvimento económico** têm conduzido à sobreexploração dos recursos naturais, à produção de resíduos em grande escala e à ocupação de áreas de risco geológico.
- **Impactes ambientais** — são as acções ou comportamentos humanos que alteram o equilíbrio natural dos ecossistemas e destroem o património geológico.

É necessário dinamizar estratégias de minimização de impactes ambientais tais como:

— Reduzir a produção de resíduos.

— Incrementar a política dos três erres: reduzir, reciclar, reutilizar.

• **Reciclar** é uma forma de valorizar um material que já foi utilizado, transformando-o noutro material útil. A reciclagem é um método de diminuir a quantidade de resíduos, poupando recursos naturais e energéticos.

• **Poluição** é a acumulação no ambiente de substâncias, radiações, vibrações ou agentes contaminantes prejudiciais aos ecossistemas e aos seres humanos.

• **Sustentabilidade** é um modelo de desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades das sociedades humanas sem comprometer o futuro no que respeita à utilização de recursos naturais e à preservação das espécies e dos seus habitats.

• Os recursos naturais podem ser:

— **Recursos renováveis** — são produzidos a uma velocidade superior à do seu consumo, tal como a água no seu ciclo hidrológico, a biomassa, a produção de alimentos.

— **Recursos não renováveis** — são produzidos a uma velocidade inferior ao do seu consumo, tal como os combustíveis fósseis, os metais, os minerais e as rochas utilizados na actividade humana.

• **Áreas de risco geológico** são regiões vulneráveis à ocorrência de acidentes naturais que põem em causa ou ameaçam vidas humanas, bens materiais e a biodiversidade. É necessário elaborar cartas de risco geológico e informar as populações das normas de conduta em caso de emergência.

• **Ordenamento do território** é o processo integrado de utilização do espaço biofísico, e tem como objectivo a ocupação e a transformação do território; leva a cabo estudos para minimizar os impactes negativos das catástrofes naturais e contribuir para a promoção da qualidade de vida.

• A Terra é um sistema fechado e por isso:

— Muitos dos recursos naturais são finitos.

— Todos os resíduos permanecem dentro da sua fronteira.

— A perda de diversidade biológica diminui a capacidade de responder às alterações ambientais e à manutenção da vida.

Estrutura e dinâmica da geosfera

Métodos para o estudo da geosfera

O estudo do interior da Terra é multidisciplinar e utiliza toda a tecnologia que possibilita a aplicação de dois tipos de métodos:

- **Métodos directos**

— Sondagens ultraprofundas — Obtem-se cilindros de material rochoso, as carotes, que permitem o estudo das rochas e das suas propriedades. A maior perfuração atingiu os 12,262 km em Koala, na Rússia, e o maior obstáculo para se conseguirem materiais mais profundos é a temperatura, que atinge centenas de graus Celcius, fundindo as brocas e outras ferramentas.

— Estudo das rochas superficiais — Em trabalho de campo e laboratorial

— Produtos vulcânicos e xenólitos — Magmas da crosta e do manto vêm à superfície «mostrando» os seus constituintes e também os dos fragmentos arrastados de regiões profundas (xenólitos).

- **Métodos indirectos**

Gravimetria

Estuda a aceleração da gravidade à superfície, sendo o seu valor médio de $9,8\text{m/s}^2$. Há locais da superfície terrestre onde se registam valores superiores e inferiores à média, sendo considerados **anomalias gravimétricas**, positivas e negativas, respectivamente.

Quando as rochas apresentam densidade elevada, a força de atracção gravítica é superior e à superfície ocorre uma anomalia gravimétrica positiva. Acontece, por exemplo, na presença de jazigos minerais. Já na presença de rochas sedimentares de baixa densidade, como os domos salinos ou cavernas, verificam-se anomalias gravimétricas negativas.

Se aplicarmos a gravimetria à crosta terrestre constata-se anomalias positivas e negativas em relação à crosta oceânica e continental, respectivamente, o que permite inferir que a densidade da crosta oceânica é superior à da crosta continental.

Densidade

O cálculo da densidade da Terra através da Lei da atracção universal revela um valor médio de 5,5; no entanto, os materiais rochosos da superfície apresentam o valor médio de apenas 2,8. Infere-se que os materiais abaixo da superfície têm de ser muito mais densos. Dados da sismologia, cálculos relativos à variação da pressão e dados da planetologia permitem estabelecer a variação da densidade na geosfera.

Gradiente geobárico

É a variação da pressão litostática com a profundidade.

Geomagnetismo

A Terra comporta-se como se tivesse um íman gigantesco no seu interior, orientando, segundo linhas de força, corpos magnetizados de acordo com a direcção dos pólos magnéticos. As rochas magmáticas, especialmente os minerais ferromagnesianos, magnetizam-se quando os magmas arrefecem e consolidam. Esta magnetização regista a polaridade coincidente com a do campo magnético terrestre no momento da formação dos referidos minerais. Deste modo, as rochas magmáticas constituem como que uma gravação da orientação do campo magnético aquando da sua formação.

- Os fundos oceânicos, graças à utilização de magnetómetros rebocados por navios oceanográficos, revelam a existência de anomalias geomagnéticas dispostas com regularidade segundo faixas simétricas, paralelas em relação aos riftes.
- Considera-se polaridade normal ou anomalia magnética positiva a que é coincidente com o campo magnético actual e polaridade inversa ou anomalia gravimétrica negativa a que é distinta da polaridade actual.
- Admite-se que o campo magnético terrestre resulte da rotação do ferro, em fusão, presente no núcleo externo, gerando correntes eléctricas que influenciam o manto e a crosta, com variações significativas ao longo da história da Terra.
- O campo magnético terrestre reduz a acção dos ventos solares sobre a superfície terrestre afastando-os para os pólos, produzindo, por exemplo, as auroras boreais.

Geotermismo

- Refere-se ao calor interno da Terra, à sua origem e manifestações à superfície através de fluxos e correntes térmicas.
- O calor interno da Terra deve-se à desintegração de elementos radioactivos como o urânio, o toro e o potássio, ao calor remanescente da origem do planeta e à pressão litostática.
- A variação da temperatura por quilómetro de profundidade é o **gradiente geotérmico**. Mede-se em graus por km.
- Para profundidades acessíveis ao geólogo, em média, por cada 33 metros percorridos a temperatura aumenta 1 grau — **grau geotérmico**. Mede-se em metros por grau.
- Apesar da baixa condutividade térmica da crosta terrestre, o calor interno vai-se dissipando à superfície. A quantidade de calor libertado por unidade de área e por unidade de tempo é o **fluxo térmico**, que regista valores mais elevados nos riftes e mais baixos nas plataformas estáveis.

Sismologia

• É o mais importante método geofísico indirecto para o conhecimento do interior da Terra. O estudo do comportamento das ondas sísmicas permite inferir a composição física e química dos materiais atravessados. Através da sismologia aplicada, ondas sísmicas artificiais estudam estruturas geológicas diversas (por exemplo, se se pretende instalar uma rede de túneis) e fazem a pesquisa de jazidas.

Vulcanologia

- **Vulcão** — estrutura geológica tendencialmente cônica resultante da acumulação de lava solidificada, cinzas e gases, expelidos através de uma abertura à superfície, a **cratera**.
- Os materiais expelidos são provenientes de reservatórios de magma chamados **câmaras**, **bolsas** ou **bolsadas magmáticas**. A cratera estabelece a comunicação entre a bolsa magmática e o exterior através da **chaminé vulcânica**.
- Os aparelhos vulcânicos em forma de cone são do **tipo central**, mas se o magma chega à superfície através de fendas então trata-se de vulcões do **tipo fissural**.
- As **rochas encaixantes** são as que envolvem as bolsadas magmáticas e estão sujeitas a pressões muito elevadas provocadas pelo magma. Se não suportarem essas pressões, o magma tem tendência a escapar-se originando actividade eruptiva.
- O aparelho vulcânico pode apresentar apenas um cone ou **cone principal** e outros **secundários** ou **adventícios**, adjacentes e de menores dimensões.
- As lavas, magmas que atingem a superfície, apresentam diferente teor em sílica e classificam-se em:

Lavas ácidas — apresentam mais de 70% de sílica.

Lavas básicas — têm 45 a 50% de sílica na sua composição.

Lavas intermédias — com percentagem de sílica compreendida entre os 50 e os 70%.

- As **lavas ácidas** são viscosas, encontram-se a temperaturas entre os 800 e os 1000°C, retêm muitos gases, sendo por isso elevada a pressão dos voláteis. Originam erupções violentas — **actividade explosiva**.
— Por vezes, as lavas podem solidificar dentro da chaminé vulcânica e forma-se uma **agulha vulcânica**, designação atribuída devido ao aspecto da formação geológica a descoberto por acção dos agentes erosivos.
— Acontece também a solidificação da lava à saída da cratera constituindo um rolhão designado **cúpula** ou **doma**. Em ambos os casos, a pressão dos voláteis é elevadíssima e pode provocar rupturas no edifício vulcânico expelindo com violência lava pulverizada, fragmentos e gases que arrastam tudo à sua passagem — **nuvens ardentes**.
- As **lavas básicas** são fluidas, as temperaturas são elevadas, entre os 1100 e os 1200°C e têm reduzida composição volátil. As erupções são tranquilas — **actividade efusiva** — formando escoadas: rios ou mantos de lava.
- Lava com grau intermédio de viscosidade pode originar uma erupção com **actividade mista**, que se caracteriza por apresentar períodos de tranquila emissão de lava alternando com outros explosivos.
- Durante uma erupção são expelidos, a elevada temperatura, gases, matéria em fusão e materiais sólidos — os **piroclastos**. São fragmentos de lava solidificada durante a ascensão pela chaminé ou em contacto com o ar. Distinguem-se pelo tamanho e pela forma:
 - **cinzas vulcânicas** — partículas muito finas, com dimensões inferiores a 0,25 mm, que, ao depositarem-se, formam estratos pulverulentos.
 - **lapilli ou bagacina** — fragmentos com tamanho compreendido entre 1 e 5 cm.
 - **bombas e blocos vulcânicos** — têm tamanho superior a 5 cm e apresentam-se com forma alongada ou bordos angulosos, respectivamente.
- As **escoadas de lava** fundida ao solidificar adquirem formas características, consoante a composição, as condições ambientais e a topografia:
 - **Lava encordoadada (pahoe-hoe)** — a superfície rochosa, lisa e ondulada faz lembrar cordas. Este aspecto deve-se à solidificação superficial de lavas básicas, fluidas, que continuam a movimentar-se sob essa película sólida.
 - **Lava escoriácea (aa)** — a superfície rochosa é rugosa e irregular, constituída por fragmentos porosos em consequência da superfície externa da lava se romper durante o arrefecimento.
 - **Lavas em almofada (pillow lava)** — Massas arredondadas, revestidas por uma superfície vítrea devido ao rápido arrefecimento da lava em contacto com a água em erupções subaquáticas.
 - Após uma erupção intensa, se ocorrer o esvaziamento da câmara magmática, o peso exercido pelo edifício vulcânico pode não ser suportado e ocorrer abatimento. Forma-se uma **caldeira** - depressão, de forma circular ou elíptica, topograficamente abaixo da cratera, com dimensões variáveis, ultrapassando geralmente as dezenas de quilómetros.

• Vulcanismo residual

Após as erupções, a actividade vulcânica pode limitar-se à emissão de gases e águas quentes na forma de:

— **fumarolas** — libertação de vapor de água e outros gases que lhes conferem especificidade como acontece nas:

sulfataras — predominam compostos de enxofre, tais como o dióxido de enxofre ou o ácido sulfídrico.

mofetas — há predominio de CO₂.

— **nascentes termais** — emissão de águas mineralizadas, muitas vezes quentes, utilizadas para fins medicinais devido à riqueza em substâncias dissolvidas.

— **géiseres** — repuxos intermitentes de água em ebulição geralmente muito concentrada em substâncias minerais. Resultam da vaporização da água subterrânea, quando é atingido o ponto de ebulição, e do aumento brusco de pressão provocando a saída da água. Este fenómeno é cíclico.

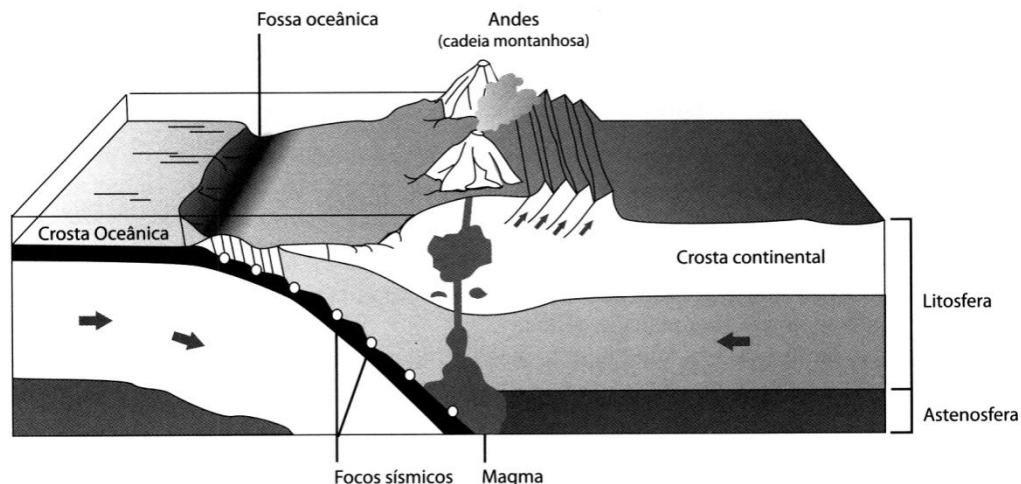
Vulcões e tectónica de placas

A actividade vulcânica localiza-se preferencialmente nos **limites convergentes** e **divergentes** de placas tectónicas e também **intraplacas**, isto é, no interior de placas tectónicas.

- O vulcanismo associado aos **limites convergentes** ocorre em zonas de subducção:

Convergência crosta oceânica — crosta continental:

- As lavas são ácidas e viscosas porque o magma que lhes deu origem resultou da fusão da crosta continental.
- As erupções são explosivas e formam-se cadeias montanhosas como a cordilheira dos Andes.



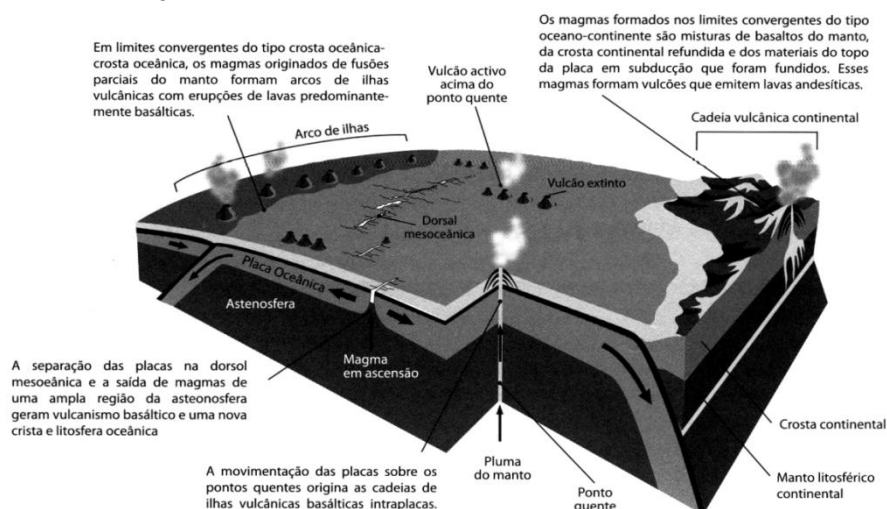
Convergência crosta oceânica — crosta oceânica:

- Da fusão da crosta oceânica resulta magma básico e por isso as lavas são fluidas.
- As erupções são efusivas e formam-se arcos insulares, como o arquipélago do Japão ou as Filipinas.
- O vulcanismo associado aos **limites divergentes** ocorre em riftes:
 - as lavas são básicas e fluidas;
 - a actividade é efusiva como na dorsal médio-atlântica.

• Vulcanismo intraplacas

Resulta da subida de colunas de magma provenientes do manto, chamadas plumas térmicas ou *hot spots*. Estas colunas de magma mantêm uma posição fixa e é a placa que se move sobre a fonte de magma. O diagrama seguinte refere-se ao *hot spot* mais bem estudado, dos cerca de cem identificados na Terra, o das ilhas do Hawai na placa Pacífica.

- a placa Pacífica desloca-se sobre o ponto quente;
- o magma que ascende funde parcialmente a placa;
- o magma, mais denso que as rochas consolidadas, ascende constituindo vulcões activos que formam montanhas submarinas e, devido a erupções sucessivas, emergem como ilhas.



- num estágio posterior, devido à movimentação da placa Pacífica, a ilha é transportada para fora da zona do ponto quente, deixa de haver fornecimento de magma e o vulcanismo fica extinto.
- começa a desenvolver-se outro vulcão activo por cima do ponto quente.
- este processo teria originado, ao longo de milhões de anos, as ilhas vulcânicas do Pacífico, que se encontram alinhadas da mais antiga para a mais recente.
- Quando o vulcanismo intraplacas ocorre na crosta oceânica, as erupções são de tipo efusivo, mas se a pluma térmica atravessar a crosta continental, o magma mantélico enriquece a sua composição em sílica e as erupções são de tipo explosivo, como o vulcão Monte Camarões na África Ocidental.
- As nove ilhas dos Açores formaram-se por vulcanismo associado aos limites de três placas tectónicas (euro-asiática, africana e norte-americana) e também por vulcanismo associado a um ponto quente na ilha de S. Miguel.
- O arquipélago da Madeira é de origem vulcânica, tendo a última erupção ocorrido há 1,7 Ma.
- Em Portugal continental houve actividade vulcânica, por exemplo, na zona de Ossa — Morena, no Câmbrio e no Silúrico (540 a 400 Ma) e no complexo vulcânico de Lisboa — Mafra originadas no Cretácico superior, há cerca de 70 Ma.

Minimização de riscos vulcânicos — previsão e prevenção

As erupções vulcânicas constituem catástrofes naturais que o homem não é capaz de controlar, mas pode minimizar. De que forma?

- Da acção conjunta da ciência, tecnologia e sociedade no sentido da **prevenção** e consiste em:
 - Identificar zonas de risco vulcânico;
 - Elaborar planos de ordenamento do território;
 - Elencar perigos associados à especificidade de cada erupção, nomeadamente a possibilidade de ocorrerem: derrames lávicos na forma de escoada; projecção de piroclastos; libertação de gases tóxicos e formação de chuvas ácidas; movimentos de massa, e outros contidos na figura.

— Divulgar à população normas gerais de segurança e planos de emergência.

- As erupções efusivas apresentam menor perigo pois são mais calmas e o trajecto da lava é previsível, facilitando a evacuação das populações.

- A perigosidade pode ainda ser ampliada atendendo aos seguintes factores:

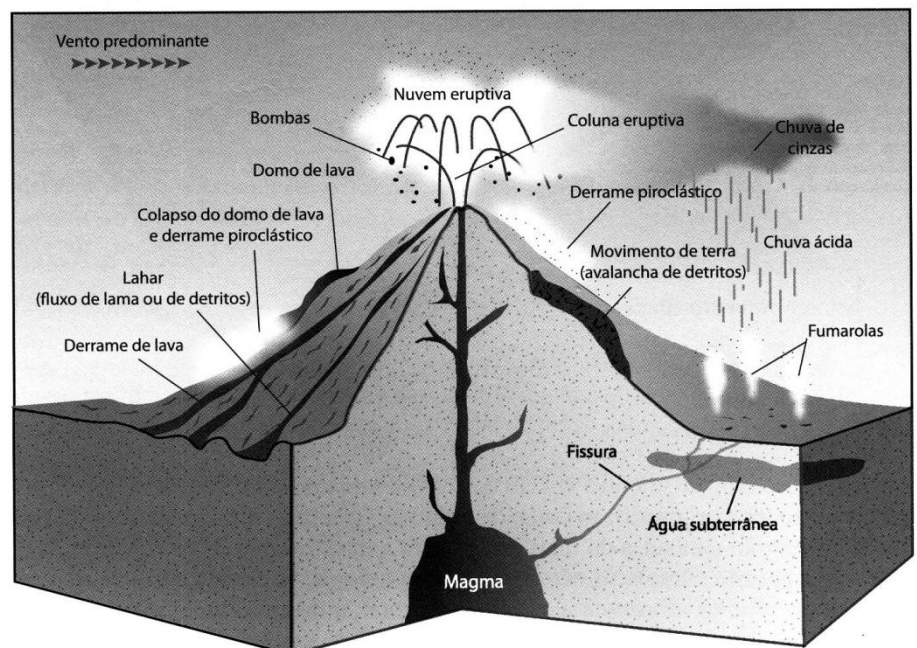
- Topografia da região;
- Densidade da população;
- Actividades humanas desenvolvidas.

- A **previsão** das erupções passa pela **monitorização dos vulcões** activos através:

- da análise sistemática dos registos sísmicos na região;
- da vigilância geoquímica das fumarolas;
- de alterações de temperatura ou da inclinação dos flancos do cone vulcânico;
- do controlo bioquímico de poços e nascentes naturais.

- Apesar das catástrofes, as erupções vulcânicas conferem às regiões **fontes de riqueza**, nomeadamente:

- Os solos são muito férteis e permitem o desenvolvimento da agricultura.
- A energia geotérmica pode ser utilizada em grande escala, como alternativa renovável aos combustíveis fósseis.
- A exploração de diversos recursos minerais tais como o enxofre, o cobre e outros. — Como atracção turística.



Riscos vulcânicos mais associados a catástrofes

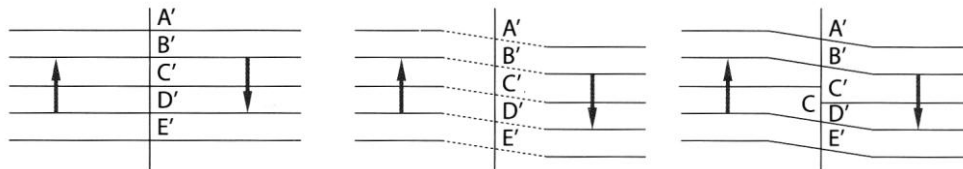
Sismologia

• **Sismos** são movimentos vibratórios bruscos provocados pela libertação de energia nas camadas superiores da Terra que fazem parte da litosfera.

Quando o material rochoso é sujeito continuamente a níveis de tensão elevados, deforma-se lentamente. Ultrapassado o seu limite de elasticidade, as rochas fracturam e formam dois blocos, que se deslocam em sentido oposto ao das forças exercidas, libertando energia.

• **Falha** — superfície de fractura ao longo da qual ocorreu movimento relativo entre os dois blocos separados.

• De acordo com a **teoria do ressalto elástico**, as forças tectónicas geradas em profundidade produzem o deslocamento muito lento das rochas da crosta em sentidos contrários de um e de outro lado da falha, conduzindo à deformação progressiva das rochas localizadas na área de movimentação diferencial. À medida que os movimentos tectónicos prosseguem, a deformação das rochas acentua-se e acumula-se energia potencial. Quando a tensão atinge o valor crítico, os dois blocos ressaltam elasticamente, tal como a sequência, a seguir esquematizada, ilustra.



A energia libertada propaga-se na forma de ondas sísmicas e a vibração atinge a superfície.

• **Hipocentro ou foco** — Lugar, no interior da litosfera onde tem lugar a libertação de energia, isto é, onde o sismo tem origem.

• **Epicentro** — Local da superfície correspondente à projecção geométrica do foco, onde a vibração atinge maior intensidade.

• **Frente de onda** — São linhas concêntricas, a partir do hipocentro, que representam a separação das partículas que já vibraram das outras.

• **Raio sísmico** — Trajectória perpendicular à frente de onda.

Ondas sísmicas

• A energia libertada no foco propaga-se através de **ondas de volume (P e S)** até atingir a superfície.

• As **ondas P, primárias, longitudinais ou de compressão**:

— São as mais rápidas e por isso são as primeiras a chegar à superfície e a serem registadas pelos sismógrafos.

— As partículas vibram na mesma direcção de propagação da onda, comprimindo e distendendo.

— Propagam-se em todos os meios: sólidos, líquidos e gasosos.

• As **ondas S, secundárias ou transversais**:

— São as segundas a chegar à superfície, daí a sua designação.

— As partículas vibram perpendicularmente à direcção de propagação.

— Apenas se transmitem em meios sólidos.

• A velocidade de propagação das ondas sísmicas depende das propriedades das rochas atravessadas, nomeadamente a rigidez, a densidade e a incompressibilidade:

• Velocidade das ondas P = $\sqrt{k + \frac{4}{3}r/d}$

• Velocidade das ondas S = $\sqrt{r/d}$

• A **rigidez** é a propriedade que confere à matéria uma forma definida e a **incompressibilidade** é a medida da resistência de um sólido à variação de volume em função da pressão.

• A energia das ondas P e S continua a propagar-se à superfície na forma de ondas superficiais, também chamadas **longas (L)**, e são de dois tipos:

— **ondas de Love** — ondas de torsão em que as partículas vibram na horizontal da direita para a esquerda, perpendicularmente à direcção da onda. São as mais destruidoras, particularmente em relação aos alicerces das construções humanas.

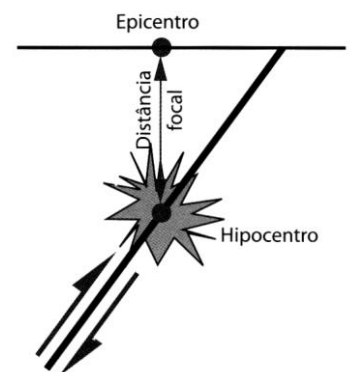
— **ondas de Rayleigh** — as partículas vibram em círculo, à volta do seu ponto de equilíbrio perpendicularmente à direcção da onda. A vibração é semelhante à das ondas do mar.

As ondas superficiais são ondas de grande amplitude e por isso são designadas ondas longas ou ondas L.

• **Em resumo:**

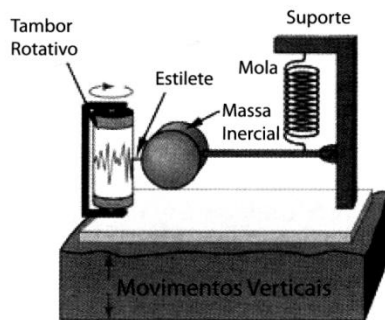
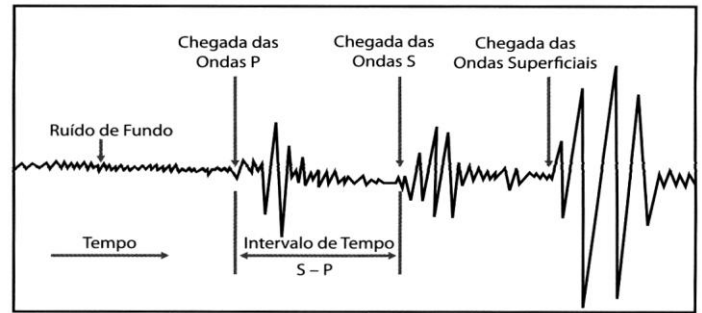
— Ondas de volume ou ondas profundas: Primárias e secundárias (P e S).

— Ondas superficiais ou ondas longas (L) — ondas de Love e ondas de Rayleigh.

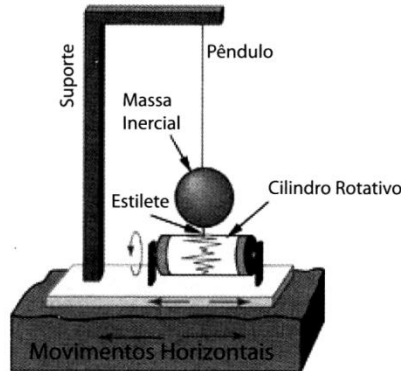


Os **sismógrafos** convertem o movimento de vibração do solo num registo visível chamado **sismograma** onde se identificam os diferentes tipos de ondas sísmicas (P, S e L).

- Os sismógrafos são construídos para reagir aos movimentos do solo numa dada direcção e por isso numa estação sismográfica há três sismógrafos: um para responder a movimentos verticais e dois para responder a movimentos horizontais, um com orientação Norte-Sul e outro Este-Oeste.
- O princípio do funcionamento do sismógrafo de movimento horizontal é idêntico ao do movimento vertical.

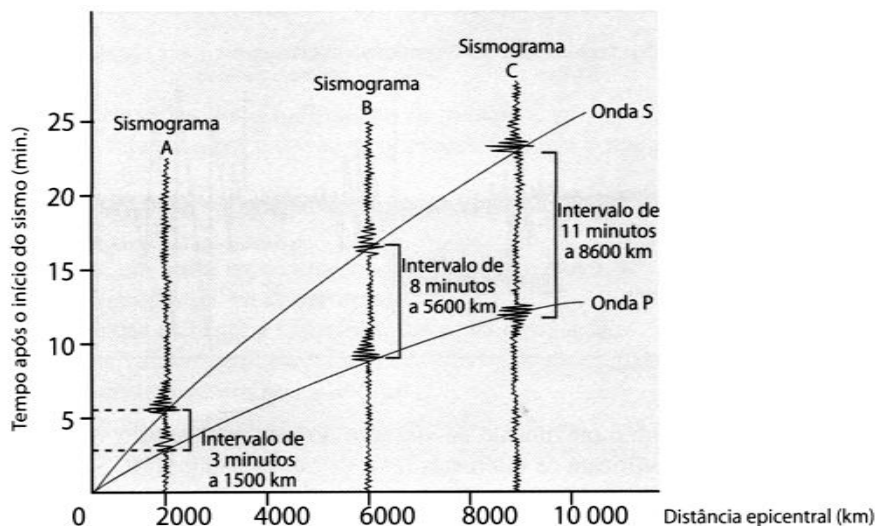


Sismógrafo vertical



Sismógrafo horizontal

- Actualmente são sistemas informáticos que, ligados em rede, processam com eficácia toda a informação e tornam possível accionar sistemas de alarme que permitem a fuga dos edifícios e a actuação imediata das equipas de salvamento.
- **Distância epicentral** — É a distância de uma estação sismográfica ao epicentro. Pode exprimir-se em quilómetros ou em graus correspondentes ao ângulo subtendido no centro da Terra.
- Os tempos de percurso das ondas P e S dependem da distância percorrida e o intervalo S-P é tanto maior quanto maior for a distância ao epicentro. Conhecido esse intervalo, pode estimar-se a referida distância utilizando curvas tempo-distância (ver figura seguinte).



Determinação da distância epicentral, a partir do atraso em minutos, entre a chegada das ondas P e S a cada estação sismográfica

Determinação do epicentro de um sismo

- A partir dos dados obtidos por três estações sismográficas, traçam-se três circunferências com centros nas estações respectivas e raios correspondentes às distâncias epicentrals.
- A intersecção corresponde à localização do epicentro.
- Geralmente, os arcos não se intersectam exactamente num ponto. Tal resulta, em parte, de erros de observação, mas também porque o conhecimento teórico das curvas dos tempos de percurso das ondas S e P é imperfeito. No entanto, a razão principal resulta do facto de as **ondas sísmicas mencionadas terem origem no foco (hipocentro) e não no epicentro**.

- **Intensidade e magnitude** são escalas diferentes de avaliar os sismos.
- A **intensidade** mede os efeitos sobre pessoas, bens, estruturas humanas e naturais e a escala correspondente é a de **Mercalli modificada**. Tem doze graus e do grau II ao grau XII avaliam-se, em crescente, percepções e efeitos do sismo, relatados por pessoas que o sentiram. O grau I é para os microsismos ou sismos imperceptíveis pelos seres humanos. É uma escala qualitativa e subjectiva.
- A partir do estudo da intensidade de um sismo em diferentes localidades, traçam-se, no mapa, linhas que delimitam superfícies de igual intensidade sísmica chamadas **isossistas**. Em geral, as isossistas não são completamente concêntricas nem regulares dada a heterogeneidade das formações rochosas atravessadas desde o hipocentro até à superfície.
- **Magnitude** é a quantificação da energia libertada no hipocentro. Foi definida por Richter como o logaritmo da amplitude máxima de vibração (ondas L registadas no sismograma) num lugar a 100 km do epicentro.
- A escala de Richter é **aberta**, isto é, não apresenta limite superior nem limite inferior mas o valor máximo calculado, até hoje, foi de 9,5. É uma escala exponencial e por isso um sismo de magnitude 6 liberta dez vezes mais energia que um sismo de magnitude 5 e cem vezes mais que um sismo de magnitude 4.
- Um sismo de magnitude 8 pode ter, na escala de Mercalli, efeitos de grau X numa zona e de graus inferiores em regiões, sucessivamente, mais afastadas do epicentro.
- **Abalos premonitórios** — São sismos de pequena intensidade que **antecedem** sismos de maior intensidade.
- **Réplicas** — São os sismos de fraca intensidade que se **sucedem** a sismos de maior intensidade. Podem ocorrer durante um mês ou mais.
- **Maremoto ou Tsunami** — Ondas gigantes e devastadoras, originadas por sismos violentos com epicentro na crosta oceânica.
- O terramoto de Lisboa de 1 de Novembro de 1755 com epicentro no oceano Atlântico, 100 km a sudoeste do Cabo de S. Vicente, na falha Açores-Gibraltar, foi um dos sismos de maior magnitude da história. Originou um maremoto com mais de 15 metros de altura que se abateu sobre a zona ribeirinha de Lisboa e provocou milhares de vítimas. As réplicas fizeram-se sentir todos os dias durante um mês.

Sismos e tectónica de placas

- A distribuição de mais de 90% dos sismos a nível mundial é predominante em zonas instáveis que correspondem aos limites de placas tectónicas — sismicidade **interplacas**.
- Nos **limites divergentes**, os sismos são superficiais, de baixa magnitude, o hipocentro não ultrapassa os 70 km de profundidade e localiza-se em falhas paralelas ao rifte.
- Nos **limites conservativos**, os sismos são também superficiais e resultam do atrito entre os blocos separados pelas falhas transformantes.
- Nos **limites convergentes** ocorrem os sismos mais frequentes. Devido às fortes tensões que ocorrem nas zonas de subducção, formam-se falhas e sistemas de falhas. Quanto à profundidade do foco, os sismos são superficiais, intermédios (entre os 70 e os 300 km) e profundos (entre os 300 e os 700 km).
- Há também sismicidade **intraplacas**. É menos representativa, mas tem elevado poder de destruição. Antigas falhas ressaltam elasticamente quando acumulam valores elevados de tensão.

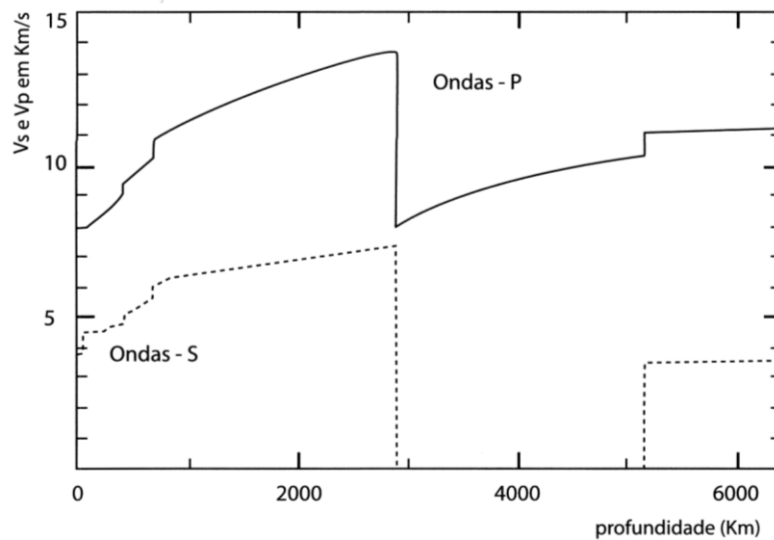
Minimização de riscos sísmicos — previsão e prevenção

- Apesar do avanço tecnológico, continuam a ser acontecimentos imprevistos. A prevenção é a única forma de minimizar os riscos sísmicos, através de medidas como as seguintes:
 1. elaboração de cartas de risco sísmico como instrumentos de ordenamento do território.
 2. fazer cumprir as normas legais de construção anti-sísmica.
 3. incrementar a intervenção de geólogos na prevenção de risco sísmico nas grandes construções como barragens, pontes, túneis, depósitos de resíduos perigosos, em particular resíduos radioactivos.
 4. promover a educação das populações no que respeita a normas de segurança.
 5. divulgar planos de emergência.

Ondas sísmicas e descontinuidades internas

- As ondas sísmicas estão para o interior da geosfera como os raios X para o conhecimento do corpo humano.
- Se a Terra fosse um corpo homogéneo, isto é, se a composição química e as propriedades físicas não variassem com a profundidade, a velocidade das ondas sísmicas deveria ser constante. Constata-se que na propagação das ondas P e S (ondas profundas) ocorrem alterações bruscas, **descontinuidades**, indicadas na figura.

Velocidade das ondas P e S



— à profundidade média de 30 km, as ondas P e S aumentam bruscamente a sua velocidade — **descontinuidade de Mohorovicic** — separa a crosta do manto. A crosta é a camada mais superficial e menos densa da Terra e atinge profundidades variáveis entre 10 e 70 km.

— à profundidade de 2900 km, há uma queda brusca da velocidade das ondas P e as ondas S interrompem a sua propagação — **descontinuidade de Gutenberg** — separa o manto do núcleo externo. O decréscimo muito acentuado da velocidade das ondas P de 14 para 8 km/s deve corresponder a um aumento considerável da densidade dos materiais no núcleo; o desaparecimento das ondas S permite inferir que, pelo menos, a zona mais externa do núcleo se encontra no estado líquido.

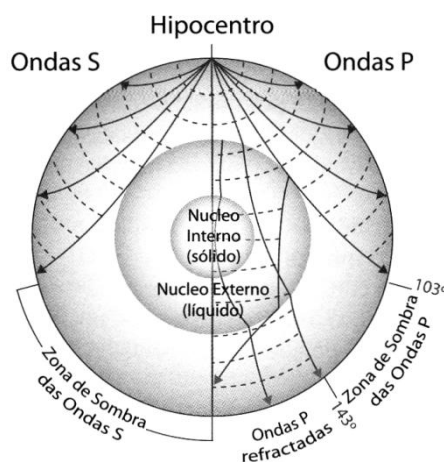
— à profundidade de 5150 km, as ondas P sofrem um aumento de velocidade — **descontinuidade de Wiechert/Lehmann** — separa o núcleo externo do núcleo interno, que provavelmente se encontra no estado sólido.

Há ainda outras descontinuidades na velocidade de propagação das ondas sísmicas:

- **Zona de sombra sísmica** — Em sismos de dimensão significativa, entre os 103° e os 143° de distância epicentral, ocorre silêncio sísmico relativamente às ondas **P e S directas**, isto é, estas ondas não são registadas pelos sismógrafos. A partir de 143° voltam a registar-se ondas P directas.

As ondas que percorrem trajectórias tangenciais ao núcleo emergem à superfície a uma distância epicentral que corresponde a 103°. As ondas P que atravessam o núcleo são desviadas por refracção e emergem a partir de 143°. As ondas S deixam de se propagar quando o estado físico dos materiais não é sólido.

A zona de sombra é uma zona circular, em anel, definida à superfície da Terra entre aproximadamente entre 103 e 143°, contados a partir do epicentro de cada sismo.



Podem ser registadas ondas indirectas na zona de sombra sísmica, uma vez que estas ondas resultam de ondas directas que sofreram fenómenos de **reflexão** e de **refracção**.

- **Zona de baixas velocidades** — A partir dos 100 km e até aos 350 a 400 km de profundidade, as ondas P e S baixam a sua velocidade. A esta zona do manto, **astenosfera**, deverá corresponder uma mudança nas propriedades físicas dos materiais, que se supõe estejam parcialmente fundidos. Segue-se uma zona de transição até aos 700 km. Entre os 700 e os 2900 km está localizado o manto inferior.

- A região acima da zona de baixas velocidades chama-se **litosfera** e inclui a parte superior do manto (rígido) e a crosta.

Estrutura da geosfera

- O **modelo** segundo a composição química (crosta, manto e núcleo) considera a geosfera subdividida em três camadas concêntricas principais: **crosta**, **manto** e **núcleo**.

- **Crosta** — É a camada mais superficial que contém os continentes e os oceanos, designando-se, respectivamente, crosta continental e crosta oceânica. Está separada do manto pela descontinuidade de Mohorovicic, que se localiza a profundidades variáveis entre os 10 e os 70 km.

Crosta continental — Apresenta-se à superfície com muita heterogeneidade (rochas sedimentares, metamórficas e magmáticas), mas as rochas predominantes são os granitos. Os elementos mais abundantes são o silício (Si) e o alumínio (Al) e por isso também é designada por **Sial**.

— Mais profundamente é constituída por gabros (rochas magmáticas intrusivas equivalentes aos basaltos quanto à composição química).

— A densidade média é de 2,7.

Crosta oceânica — Apresenta uma camada sedimentar a cobrir rochas vulcânicas do tipo do basalto. A densidade é de 3,0 e os elementos mais abundantes são o silício e o magnésio e por isso também pode ser identificada por **Sima**.

Manto — É a camada mais espessa, correspondendo a 83% do volume da Terra. Os seus limites superior e inferior são, respectivamente, as descontinuidades de Mohorovicic e de Gutenberg.

— A sua constituição rochosa é essencialmente peridotitos, rochas ultrabásicas onde predominam minerais ferromagnesianos, como as olivinas e as piroxenas.

— A densidade média é de 4,4.

Núcleo — É constituído essencialmente por níquel e ferro e pode ser designado Nife. A densidade média é de 11,5. Admite-se que a descontinuidade de Lehmann separa o núcleo externo, que se encontra no estado líquido, do núcleo interno, que se encontra no estado sólido.

- O **modelo segundo as propriedades físicas** considera a geosfera subdividida em quatro unidades, da superfície para o interior:

— **Litosfera** — Inclui a crosta e parte do manto superior. É uma camada rígida que em média tem 100 km de espessura e que assenta sobre a astenosfera.

— **Astenosfera** — É uma camada dotada de plasticidade, já que os materiais se encontram parcialmente fundidos.

— **Mesosfera** — Zona rígida do manto que se estende até ao núcleo externo.

— **Endosfera** — Corresponde ao núcleo externo líquido e ao núcleo interno sólido.

Análise conjunta dos dois modelos anteriores

- Os modelos apresentam semelhanças e diferenças e não são contraditórios.

— Semelhanças:

— a geosfera apresenta camadas concêntricas;

— o núcleo e a endosfera coincidem.

— Diferenças:

Referem-se a propriedades distintas dos materiais:

— a composição química;

— o comportamento mecânico: elasticidade, plasticidade e estado físico.

- O modelo químico é um modelo estático, ao contrário do modelo físico, que é dinâmico e contempla a existência de correntes de convecção no manto como impulsionadoras dos movimentos das placas litosféricas.

Geologia 11

Geologia, problemas e materiais do quotidiano

- A geologia contribui de forma significativa para a compreensão dos processos de risco geológico, para a adopção de medidas eficazes de ordenamento do território e de gestão de recursos naturais e educação ambiental.
- As **bacias hidrográficas**, as **zonas costeiras** e as **zonas de vertente** são exemplos de situações em que existe risco geológico, e onde o ordenamento do território pode contribuir para a adopção de estratégias que minimizem e/ou resolvam problemas resultantes da ocupação antrópica.
- **Ocupação antrópica** é o domínio de zonas terrestres pelo homem e a decorrente exploração dos recursos naturais, segundo as necessidades e as actividades humanas. Traduz-se em pressões ou impactes sobre o meio ambiente, que podem exceder a capacidade de suporte e de regeneração dos ecossistemas que constituem a biosfera, alterando o seu equilíbrio.

Bacias hidrográficas

- Um rio é um curso de água com vários afluentes que corre geralmente num canal definido, em direcção ao mar, lago ou outro rio.
- **Bacia hidrográfica** é uma área de terreno drenada por um curso de água e pela rede dos seus afluentes.
- **Rede hidrográfica** é o conjunto formado por um rio principal e todos os seus afluentes.
- Os rios são os principais agentes geológicos que actuam à superfície da Terra, sendo por isso os principais modeladores da paisagem dos continentes.
- **Leito de cheia** ou planície de inundação é o espaço ocupado pelas águas quando a água transborda em época de cheia.
- **Leito de rio** é o terreno onde ocorre a drenagem da água e do material transportado.
- **Leito de seca** é o espaço ocupado pelas águas durante o Verão, que corresponde ao caudal mínimo.
- **Perfil transversal** de um rio: tem normalmente a forma de um V.



- Os rios fragmentam e erodem a rocha sólida e as correntes de água transportam os sedimentos (areia, lama e cascalho). Quando a energia para o transporte é insuficiente, a força da gravidade é superior à capacidade de transporte do rio e ocorre a sedimentação.
 - A erosão, o transporte e sedimentação são processos naturais e interdependentes. São cada vez mais afectados por impactes antropogénicos.
 - Muitas vilas e cidades situam-se na margem de rios, já que eles servem de via de transporte e fornecem recursos hídricos à população e indústrias.
 - Viver próximo dos rios pode implicar riscos. Quando extravasam podem destruir vidas e bens, para além de dispersarem poluentes se a água, por exemplo, percorre locais com herbicidas.
- **Meios que limitam o efeito das cheias:**
1. Diques ou muros artificiais que reforçam e elevam as margens naturais dos rios.
 2. Construção de barragens que permitem regular o caudal dos rios. No entanto, estas têm elevados impactes ambientais negativos:
 - Retenção de sedimentos a montante, com redução do fornecimento de sedimentos pelos rios ao mar.
 - Alteração do perfil transversal dos rios, que pode possibilitar uma maior erosão a jusante.
 - Desequilíbrio dos ecossistemas pela inundação de áreas anteriormente a descoberto.
 - Remoção de material sólido do leito do rio.
 3. Regulamentação da construção em leitos de cheia e da sua ocupação por actividades humanas.

- A previsão das inundações fluviais e dos seus níveis é muito importante para as populações. Actualmente os geólogos, baseados em modelos de previsões bastante fiáveis (medição automática da quantidade de chuva e da elevação da água dos rios, combinada com técnicas computadorizadas), fazem previsão das subidas e descidas do nível dos rios, de modo a poderem avisar as populações.

Zonas costeiras

- As zonas costeiras têm sofrido elevadas pressões, dado que a maioria da população se encontra aí concentrada.
- **Arribas** são faixas litorais altas e com declives abruptos constituídas por material rochoso consolidado e por isso mais resistente à abrasão que as praias.
- Uma praia é uma linha da costa com declive suave onde se acumulam sedimentos na sua maioria de origem fluvial. Pode sofrer rápidas alterações, já que cada onda move areia.
- **Abrasão marinha** é a acção provocada pelas ondas que será tanto maior quanto maior a quantidade de areia, seixos e /ou calhaus que transportarem. As ondas, em conjunto com as marés, criam correntes que arrastam sedimentos produzidos pela erosão dos continentes e depositam-nos ao longo da costa.
- Nas arribas, a erosão por acção das ondas pode causar o colapso das falésias e provocar a queda de enormes blocos na água, onde são desgastados.
- A medida que as falésias recuam, os fragmentos isolados que permanecem na base das arribas formam superfícies relativamente planas, as **plataformas de abrasão**.
- O litoral está em constante e natural evolução.
- O homem interfere na evolução natural do litoral:
 - Impedindo a entrada de sedimentos nas praias devido à construção de paredões ou esporões para prevenir a erosão ou construindo barragens.
 - Ocupando a zona litoral com construções.
 - Destruindo dunas e zonas de vegetação que funcionam como uma defesa natural das zonas costeiras.

- **Para preservar as zonas costeiras deve-se:**

1. Proibir a ocupação imobiliária dos litorais, sobretudo em linhas de costa frágeis.
2. Não interferir nos processos naturais que permitem que as nossas praias permaneçam em equilíbrio dinâmico. A construção de estruturas como pontões e esporões perpendiculares à costa para controlar a erosão pode provocar a erosão a jusante (à direita da barreira) e perda de parte da praia, enquanto a areia se acumula do outro lado (à esquerda). As correntes longitudinais fluem da esquerda para a direita.
3. Não destruir dunas e zonas de vegetação que protegem as zonas costeiras.
4. Educar a população para a importância de intervir de forma equilibrada nas zonas costeiras, respeitando os processos naturais e as regras de ordenamento do território.

- **Para evitar que as construções já existentes nestas zonas colapsem colocando em risco bens e populações, pode-se:**

1. construir barreiras de contenção ao longo da costa depois de feitos estudos sobre as possíveis consequências e de ponderar o risco/benefício dessas construções.
2. Estabilizar as arribas.
3. Alimentar artificialmente as praias e dunas (solução cara e temporária e que afecta o transporte de sedimentos).

Zonas de vertente

- **Movimento em massa** é um tipo de movimento em que as porções de solo, rocha, lama ou outros materiais soltos ou não consolidados deslizam pelas encostas por acção da gravidade.
- Ocorrem sempre que a força da gravidade ultrapassa a coesão das matérias da encosta. Podem ser desencadeados por terremotos, inundações, vulcanismo, etc.
- Os movimentos em massa podem deslocar pequenas quantidades de solo, numa encosta suave, ou provocar deslizamentos catastróficos com toneladas de solo e rocha a moverem-se nas encostas íngremes.
- Os factores que influenciam directamente os movimentos de massa são a natureza dos materiais da encosta (consolidados ou não, compactados ou não), o declive e a quantidade de água contida nos materiais. Actuam diminuindo a resistência ao movimento e fazendo com que os materiais das encostas comecem a cair ou deslizar.
- Os movimentos em massa alteram a paisagem, deixando marcas evidentes quando grandes extensões sofrem deslizamentos.
- O material que se move ao longo das encostas deposita-se em determinados locais, de determinada forma,

permitindo aos geólogos prever e alertar para possíveis movimentos em massa.

- Existem actividades humanas que podem ter sérios efeitos neste processo, como escavações para a construção de edifícios e auto-estradas.
- Todos os anos os movimentos em massa provocam vítimas, pelo que seria bom saber quando vão ocorrer, ou pelo menos evitá-los não interferindo desastrosamente nos processos naturais.
- Processos que permitem diminuir e /ou prevenir deslizamentos em massa:
 1. Impedir construções em áreas susceptíveis a movimentos em massa. Construir de modo que taludes naturalmente estáveis não se tomem instáveis (por exemplo, evitando a remoção de vegetação que torna o solo coeso, não aumentando o declive das encostas).
 2. Não construir em encostas em que o seu declive é paralelo às camadas de rochas e estão dispostas sobre uma camada de argila, que quando saturada de água actua como lubrificante.
 3. Planear a drenagem da água de modo que os materiais não fiquem saturados e possam deslizar.
 4. Pesquisa e implementação de técnicas avançadas de engenharia, tais como redes de drenagem do solo.
 5. Evitar o excesso de rega agrícola.
 6. Educação das populações.
 7. Emissão de alertas sobre previsões de deslizamentos perigosos.

Processos e materiais importantes em ambientes terrestres

- **Mineral** é o constituinte básico das rochas. É uma substância natural, sólida, cristalina, geralmente inorgânica, com uma composição química fixa ou variável dentro de certos limites. Os minerais são homogéneos, e as suas unidades estruturais não se podem dividir em fragmentos menores por processos mecânicos.

- As propriedades físicas são um reflexo da composição e estrutura dos minerais:

Dureza — facilidade com que a superfície do mineral pode ser riscada. A **escala** de dureza de Mohs (de 1 a 10) permite determinar a dureza de um mineral.

Clivagem — tendência que um cristal apresenta para se partir segundo superfícies planas.

Brilho — modo como a superfície de cada um mineral reflecte a luz. Pode ser metálico ou não metálico. Este pode ser vítreo, resinoso ou adamantino, entre outros.

Cor — é conferida pela luz reflectida ou transmitida no mineral. É uma propriedade pouco precisa. As variações de composição química e as impurezas fazem variar a cor dos minerais.

Risca — cor do pó do mineral quando é raspado numa superfície abrasiva, como, por exemplo, uma placa de porcelana.

Fractura — tendência que os cristais têm de se fragmentar ao longo de superfícies irregulares.

Densidade — propriedade particularmente relacionada com a composição química. Razão massa/volume.

Alguns minerais mais comuns nas rochas

Rochas magmáticas	Rochas sedimentares	Rochas metamórficas
*Quartzo	*Quartzo	*Quartzo
*Feldspato	*Minerais de argila	*Feldspato
*Mica	*Feldspato	*Mica
*Piroxena	Calcite	*Granada
*Anfíbola	Dolomite	*Piroxena
*Olivina	Halite	

* Silicatos mais comuns

- Os minerais mais abundantes na crosta terrestre são os silicatos, estruturas cristalinas formadas por tetraedros com um ião central (Si^{4+}) rodeado por 4 iões de oxigénio (O^{2-}).

- As **rochas** são materiais sólidos, agregados ou desagregados, formadas durante processos geológicos naturais. Algumas rochas são constituídas por um único mineral, outras podem possuir na sua composição matéria não mineral.

Principais etapas de formação das rochas sedimentares

- As etapas de formação das rochas sedimentares são a **sedimentogénese** (meteorização, erosão, transporte, deposição) e a **diagénese** (compactação e cimentação).

- A **meteorização** pode ser **física** (desagrega as rochas) ou **química** (transforma minerais e rochas em sólidos

alterados, soluções e precipitados) e não implica qualquer transporte de materiais.

- **Meteorização** são todos os processos químicos (transformações de minerais e rochas em sólidos alterados, soluções e precipitados) e físicos (desagregam as rochas) que desintegram e decompõem as rochas em fragmentos de diversas dimensões.

- Todas as rochas sofrem meteorização, mas o modo e a velocidade com que esta ocorre depende de vários factores.

Factores que facilitam a meteorização:

Propriedades da rocha	A solubilidade do mineral na rocha
	Estrutura da rocha (aumenta se a rocha for fina ou fracturada)
Clima	A precipitação
	O aumento de temperatura
Tempo de exposição	
Presença de solo e vegetação	O aumento do perfil do solo e o seu conteúdo orgânico

- A **meteorização física** promove a formação de fragmentos de rocha idênticos à rocha original, mas de dimensões mais reduzidas. É desencadeada por vários factores: Novas condições de pressão (quando as rochas atingem a superfície sofrem expansão);

- Novas condições de temperatura que provocam dilatações ou contracções da rocha;

- Acções dos seres vivos como, por exemplo, as raízes das árvores;

- Abrasão provocada pelas partículas transportadas pelo vento ou pela água;

- Congelamento de água nas fendas que obriga as rochas a fragmentar devido ao aumento de volume.

- A **meteorização química** consiste na alteração química das rochas quando os seus constituintes minerais reagem com o ar e a água. Nestas reacções, alguns minerais dissolvem-se, outros combinam-se com a água e alguns componentes da atmosfera, como o O_2 e o CO_2 , formando minerais novos.

- Meteorização física e química actuam sinergicamente (cada processo potencia a acção do outro).

- Principais processos de meteorização química:

Dissolução	Alguns minerais solúveis passam para a água. A meteorização da halite ($NaCl$) é um exemplo.
Hidratação/desidratação	Envolve adição ou remoção de água dos minerais. Ex: A anidrite transforma-se em gesso quando se combina com a água.
Hidrólise	Reacção com água ligeiramente ácida (a presença de CO_2 na atmosfera promove essa acidez) havendo substituição de iões Ca^{2+} , Na^+ , ou K^+ por iões H^+ provenientes da água.
Oxidação	Reacção com o O_2 . É o caso da reacção do ferro libertado pela dissolução desse mineral que se combina com o O_2 para formar óxidos de ferro.

- A **erosão** é o conjunto de processos que mobiliza os sedimentos produzidos pela meteorização.

- O **transporte** dos sedimentos para novos lugares é feito por agentes como correntes de vento, água e glaciares. Ao longo do transporte, os sedimentos perdem a forma angular, tornando-se arredondados e mais lisos.

- A **deposição** (ou sedimentação) ocorre quando a força da gravidade é superior à força do agente transportador. Estes sedimentos depositam-se formando camadas nos continentes ou no fundo marinho. Nos oceanos e ambientes aquáticos continentais formam-se precipitados químicos (quando variam as condições do meio) que se depositam juntamente com conchas de animais mortos.

- **Diagénese** é um conjunto de processos físicos e químicos de que resulta uma rocha sedimentar consolidada (litificada), em condições de pressão e temperatura próximos das da superfície. Inclui **compactação** (diminuição do volume por redução dos poros onde se encontrava água) e **cimentação** de novos minerais. Pode ainda incluir recristalização dos sedimentos que permite preencher os poros.

- De acordo com a sua origem, consideram-se três tipos de rochas sedimentares: **detríticas**, **quimiogénicas** e **biogénicas**.

Detriticas	Formadas por fragmentos detríticos de outras rochas, aglutinados ou soltos (consolidados ou não consolidados). Classificam-se pelas dimensões dos detritos.
Quimiogénicas	Formadas por precipitação química de minerais em solução.
Biogénicas	Formadas a partir da consolidação de restos de seres vivos.

- De acordo com a classificação de Wentworth, as rochas sedimentares detríticas são agrupadas segundo a dimensão predominante dos seus grãos.

Principais tipos de rochas sedimentares detríticas e de sedimentos			
Dimensões das partículas		Sedimentos (rocha não consolidada)	Rocha consolidada
Grande	> 256 mm	Balastros	Conglomerado Grauvaque
	256 — 64 mm		
	64 — 2 mm		
Médio	2 — 0,0062 mm	Areia	Arenito
Fino	0,062 — 0,0039 mm	Silte	Siltito
	< 0,0039	Argila	Argilito

Rochas sedimentares quimiogénicas

- Os sedimentos químicos e bioquímicos dão-nos informações sobre as condições químicas do ambiente em que se formaram, nomeadamente oceanos, devido à alteração das condições da solução, como a temperatura ou a pressão, e alguns lagos, sobretudo das regiões áridas onde a evaporação é intensa.
- Quando há evaporação da água formam-se rochas sedimentares designadas evaporitos. Os evaporitos marinhos formam-se quando a evaporação da água quente de uma baía ou de um braço de mar é mais rápida que a mistura dessa água com a água do mar.
- Nestes ambientes formam-se rochas como o sal-gema (constituído pelo mineral halite — NaCl) e o gesso (mineral de sulfato de cálcio — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). As águas hidrotermais, ricas em substâncias químicas dissolvidas (provenientes das rochas), ao atingirem a superfície e arrefecerem, podem precipitar vários minerais formando-se, por exemplo, travertino (calcário quimiogénico).

Rochas sedimentares biogénicas

- As rochas sedimentares biogénicas são formadas com intervenção dos seres vivos. Estes intervêm na produção de detritos orgânicos ou de materiais resultantes de uma actividade bioquímica. Estes processos estão muitas vezes interligados. É o caso dos **calcários biogénicos**, os **carvões** e os **petróleos**.
- O **calcário conquífero** forma-se em águas pouco profundas. Resulta da actividade de organismos vivos (produção de conchas, carapaças, etc.), e posterior acumulação, após a morte dos animais.
- O **calcário recifal** é formado, a partir dos recifes, por esqueletos de carbonato de cálcio de milhões de organismos como os corais.
- O **carvão** também tem origem orgânica. É uma rocha composta quase exclusivamente por carbono orgânico formado a partir de restos de vegetação de pântanos.
No fundo dos pântanos encontram-se condições próximas das anaeróbias adequadas à formação de carvões.
- A existência de reduzidas concentrações de O_2 retarda a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias.
- O carvão forma-se a partir de turfa por um processo que passa por vários estádios de **incarbonização**:
Turfa → Lignite → Carvão betuminoso → Antracite.
- No processo de incarbonização ocorrem:
 - Transformações bioquímicas por acção de microrganismos, na sua maioria anaeróbios.
 - Transformações geoquímicas devido ao aumento de pressão e temperatura, com perda de água, gases, diminuição de porosidade e aumento da concentração de carbono.
- O petróleo e o gás natural normalmente não se classificam como rochas sedimentares por não se encontrarem no estado sólido, apesar de terem tido origem em sedimentos orgânicos que foram sujeitos a diagénese.

Para a sua formação é necessário:

1. Uma espessa camada de **rocha-mãe** que possibilita milhões anos de soterramento, e reacções químicas desencadeadas pelas altas pressões e temperaturas que se registam em profundidade.

Neste processo parte do material orgânico é transformado em compostos de carbono (hidrocarbonetos) líquidos (petróleo) e gasosos (gás natural).

2. Compressão dos sedimentos que obriga gases e líquidos a deslocarem-se para camadas de rochas permeáveis que se denominam **rocha-armazém** (como arenitos ou calcários porosos). Como estes materiais são pouco densos acabam por alcançar as zonas mais altas, flutuando no topo da água que existe normalmente nos poros das rochas permeáveis.

3. A existência de armadilhas petrolíferas, tais como: barreiras geológicas impermeáveis à migração dos

hidrocarbonetos para o topo (rochas cobertura impermeável) e outras. Existem armadilhas estruturais provocadas por deformações estratigráficas, cuja causa é o modo como ocorreu a sedimentação (por exemplo, uma camada de arenito permeável que fica mais fina quando em contacto com uma camada impermeável) ou armadilhas de domo de sal (massa impermeável de sal).

- **Rocha-armazém** do petróleo é uma rocha permeável onde o petróleo ficou retido nos espaços livres, poros, fissuras e cavidades, concentrando-se aí. Constitui uma jazida de petróleo, por aprisionamento provocado por camadas de rochas impermeáveis superiores, ou outros obstáculos à sua migração.
- **Rocha de cobertura** é uma formação rochosa impermeável sobreposta a uma rocha-armazém, que impede a migração do petróleo.
- **Rocha-mãe do petróleo** é uma camada sedimentar de granularidade muito fina, que continha a matéria orgânica acumulada, originando o petróleo, através de demorado processo de transformação.
- O petróleo é um recurso finito porque a velocidade a que é consumido é superior à velocidade com que é repostado pela natureza. Prevê-se que, à velocidade com que actualmente é consumido, se esgote em menos de um século.
- É necessário encontrar fontes de energia alternativas.
- A queima de combustíveis fósseis emite grandes quantidades de CO₂, pondo em risco a vida humana e o ambiente.
- Encontrar fontes de energia alternativas é um grande desafio para o homem. Entre estas podem enumerar-se a energia eólica, solar, da biomassa e a geotérmica que, no entanto, não têm perspectivas imediatas de se tornarem uma fonte de energia adequada às necessidades energéticas.
- A política energética mundial deve procurar substituir os combustíveis fósseis por fontes de energia não poluentes e renováveis.
- Reduzir as emissões de CO₂, diminuindo o seu impacto no clima.
- A introdução de tecnologia nuclear segura e o uso de gás natural podem ser possíveis soluções.

Fósseis e processos de fossilização

- **Fóssil** é qualquer resto ou vestígio de ser vivo que existiu em épocas geológicas passadas. Os fósseis permitem-nos conhecer as transformações por que passou a Terra.
- **Fóssil de fácies** ou de **ambiente** é o que fornece indicações quer quanto ao meio em que viveram os seres vivos, quer quanto às condições de sedimentação, permitindo caracterizar ou reconstruir ambientes passados.
- **Fóssil de idade ou fóssil estratigráfico**: Fóssil que permite identificar a época ou o período geológico do estrato que o contém por corresponder a um género ou espécie de **curta longevidade e grande área de dispersão**. São os fósseis que melhores indicações fornecem quanto às características do ambiente em que viveram (paleoambiente) e do ambiente de formação das rochas que os contêm. Correspondem a organismos com exigências de vida muito específicas e restritas.

A identificação dos paleoambientes permite-nos reconstituir a geografia da Terra no passado — Paleogeografia —, como, por exemplo, a distribuição dos continentes e oceanos, a extensão de mares antigos, praias, lagos, entre outros.

Ambiente de sedimentação é um local onde os processos geológicos se combinam com factores ambientais específicos. Pode ser:

1. **Continental**: onde os diferentes valores de temperatura e precipitação determinam uma grande diversidade destes ambientes. É o caso dos ambientes fluviais, lacustres, desérticos e glaciares.
 2. **De transição**: onde a acção das ondas, das marés e das correntes são os factores determinantes, como nos ambientes de delta e praias.
 3. **Marinho**: influenciado sobretudo pelas correntes, como o caso de ambientes de plataforma continental, de mar profundo e recifes (orgânicos).
- Estratos que apresentem o mesmo conteúdo fossilífero são considerados da mesma idade. Estes fósseis têm:
 1. Evolução rápida e curta distribuição temporal — ou seja, o fóssil só é característico de um dado tempo geológico se o intervalo entre o seu aparecimento e a sua extinção for curto;
 2. Ampla distribuição geográfica — de forma a poderem ser encontrados em diversos locais e permitirem comparações entre estratos geológicos distantes;
 3. Ocorrência em abundância — quanto maiores forem as populações dos seres vivos, maior será a probabilidade de se formarem fósseis e ocorrerem no registo geológico;
 4. Estruturas fossilizáveis — a fossilização de um organismo depende em grande medida da presença de estruturas rígidas, como conchas, carapaças, dentes ou ossos.

- **Fossilização** é o conjunto de processos físicos e químicos que permitiram, a qualquer vestígio de organismo que viveu em épocas geológicas passadas, ficar preservado nas rochas. Verifica-se apenas em condições especiais, como:

- existência de estruturas orgânicas resistentes: os organismos que possuem esqueleto interno ou externo, resistente, de natureza mineral, têm mais probabilidade de fossilizar do que os organismos de corpo mole.
- soterramento rápido dos restos orgânicos: os cadáveres têm de ficar rapidamente isolados dos agentes erosivos.
- Sedimentos finos: se os sedimentos que envolvem e cobrem os cadáveres e restos de organismos são finos, como as argilas e os siltes, a fossilização é mais bem-sucedida.
- Ausência de oxigénio e de seres decompositores.

- Os processos de fossilização são:

- **Conservação total**: por exemplo de insectos em substâncias fossilizantes, como o âmbar, gelo ou sílica ou conservação parcial das partes duras do organismo, por exemplo, conchas, ossos e dentes. Neste processo os restos dos organismos mantêm-se quase inalterados, apenas com pequenas modificações.

- **Mumificação**: processo de conservação em que o corpo e o sedimento em que foi soterrado sofreram dessecação, por exemplo, múmias de rãs em fosforites.

- **Impressão**: por exemplo, marcas de folhas ou penas, pistas e pegadas deixados pelos seres vivos; moldes externos de estruturas finas (baixo-relevo). As impressões são conservadas quando os sedimentos moles em que foram deixadas sofrem diagénese, petrificando-as.

- **Incarbonização**: enriquecimento progressivo em carbono, por perda de outros elementos constituintes, por exemplo, carvões. É um processo comum de fossilização dos vegetais e animais com esqueletos de natureza quitinosa.

- **Mineralização**: preenchimento por matéria mineral (como a calcite, a sílica e a pirite, entre outros) de espaços vazios existentes nas estruturas duras ou substituição da matéria orgânica por mineral (por exemplo, caule silicificado).

- **Moldagem**: formação de moldes pelo sedimento consolidado desaparecendo a estrutura original, por exemplo, moldes internos (reproduzem o interior do organismo), externos (reproduzem a morfologia externa do organismo) e contramoldes de conchas.

- **Incrustação**: deposição sobre peças orgânicas de substâncias minerais precipitadas de soluções aquosas, por exemplo, fragmentos vegetais em tufo calcários.

- As rochas sedimentares são os principais arquivos históricos da Terra, já que a maioria é estratificada e possui grande número de fósseis, o que permite fazer uma datação relativa.

- Os estratos das rochas sedimentares fornecem aos geólogos dados para a compreensão de fenómenos que ocorreram no passado.

- Baseiam-se em princípios fundamentais:

- Princípio da **horizontalidade original**: os sedimentos são depositados inicialmente na posição horizontal ou próxima da horizontal.

- Princípio da **sobreposição**: numa sequência onde não se verificaram alterações tectónicas, cada camada de rocha sedimentar é mais nova que a que está por baixo e mais velha do que a que se lhe situa acima. Assim, uma sequência vertical de estratos, sucessão estratigráfica, é um registo cronológico da história geológica da região.

- Princípio da **continuidade lateral**: um estrato tem a mesma idade em todos os pontos.

- Princípio da **intersecção**: quando uma entidade geológica (falha, intrusão magmática...) intersecta outra, é mais recente.

- Princípio da **inclusão**: as rochas cujos fragmentos se encontram no interior de outra são mais antigas que esta última.

- Princípio da **identidade paleontológica**: estratos com o mesmo conteúdo fóssilífero têm a mesma idade.

- Princípio das **causas actuais** (Actualismo): os processos que hoje actuam na Terra provocando alterações, são os mesmos que actuaram desde sempre.

- Os geólogos, ao utilizarem estes princípios de datação relativa das rochas sedimentares, estabeleceram uma escala do tempo geológico, um calendário de idades relativas da história geológica da Terra.

- A escala do tempo geológico divide-se em quatro unidades principais: éons, eras, períodos e épocas.

- Um éon é a maior divisão da história. Existem três éons: O Arqueano, o Proterozóico e o Fanerozóico.

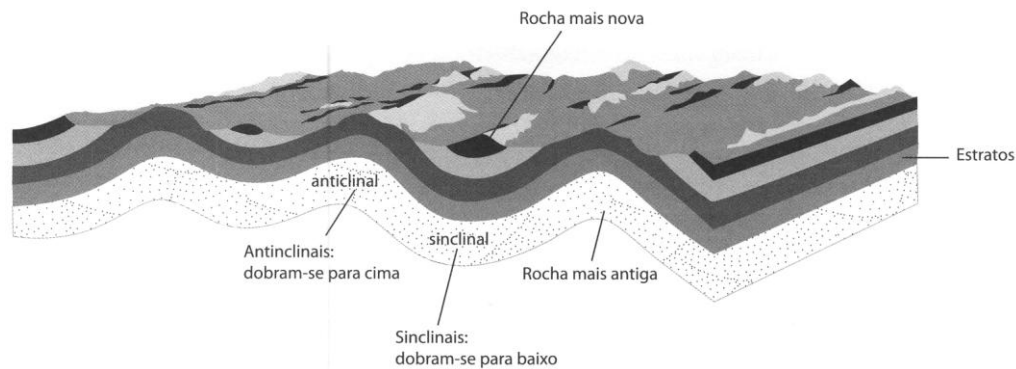
- O Fanerozóico (mais recente) é o mais bem estudado.

Éon	Era
Fanerozóico	Paleozóico: Diversificação dos seres pluricelulares. No final ocorreu uma extinção em massa, provavelmente desencadeada por uma acentuada descida do nível do mar, erupções vulcânicas intensas e aumento da concentração de CO ₂ .
	Mesozóico: Predomínio dos répteis que sobreviveram e evoluíram com sucesso dando origem aos dinossauros. Surgem também as plantas com flor. No final ocorreu a extinção de 80% das espécies.
	Cenozóico: Período de expansão dos mamíferos.

Deformação frágil e dúctil. Falhas e dobras

- As falhas e as dobras são evidências das deformações que as camadas rochosas sofrem quando sujeitas a tensões provocadas pelo movimento das placas litosféricas.
- As forças tectónicas que deformam as rochas podem ser:
 - Compressivas, que apertam e reduzem o volume das rochas;
 - Distensivas, que alongam as rochas e tendem a fracturá-la;
 - De cisalhamento, que empurram cada um dos lados de uma rocha em sentidos opostos.
- O estudo do comportamento das rochas relativamente à deformação foi feito experimentalmente. Depende da natureza das rochas, da temperatura, da pressão circundante, da magnitude da força e da velocidade com que esta é aplicada.
- A deformação de um material pode ser do tipo:
 - Elástico: logo que cessa a força aplicada, o material regressa à posição inicial;
 - Plástico: deformação permanente, mas em que o material não fractura mesmo que se ultrapasse o limite de plasticidade do material.
 - Frágil: deformação permanente em que, uma vez ultrapassado o limite de elasticidade do material, ele fractura.
- Algumas rochas deformam como **materiais dúcteis**, isto é, sofrem deformação plástica, contínua e suave, não regressando à sua forma original quando a força aplicada cessa. Ex: o vidro.
- Outras rochas deformam como **materiais frágeis**, sofrendo uma ligeira mudança, até que se partem bruscamente. Ex: A argila da massa de moldar, a uma temperatura próxima da temperatura ambiente.
- O comportamento frágil das rochas está relacionado com a formação de falhas e o dúctil com a formação de dobras.
- Numa falha podemos considerar os seguintes elementos:
 - **Tecto**: bloco acima do plano de falha;
 - **Muro**: bloco abaixo do plano de falha;
 - **Plano de falha**: superfície ao longo da qual a formação se fractura e desliza;
 - **Rejecto vertical**: Medida de deslocamento na vertical;
 - **Direcção e inclinação**: descrevem a orientação do plano de falha.
- As falhas podem ser **normais** (o tecto desce em relação ao muro) ou **inversas** (o tecto sobe em relação ao muro). Falhas com movimento horizontal designam-se **desligamentos**.
- As **dobras**, tal como as falhas, revelam forças deformacionais resultantes da tectónica de placas.
- O termo dobra está associado a uma camada sedimentar que foi dobrada. A deformação pode ser originada por forças horizontais ou verticais. A deformação pode ser maior ou menor dependendo da magnitude das forças aplicadas, do período de tempo em que actuaram e da capacidade das camadas rochosas para resistirem à deformação.
- Elementos de uma dobra:
 - **Plano axial**: superfície imaginária que divide uma dobra tão simetricamente quanto possível com um flanco em cada lado do plano.
 - **Núcleo**: centro da dobra.
 - **Eixo**: linha formada pela intersecção do plano axial com as camadas.
 - **Zona de charneira**: zona de passagem de um flanco para o outro.
 - **Flancos**: Cada um dos lados de uma dobra.
- As dobras podem classificar-se de acordo com a sua disposição espacial em:
 - **Antiforma**: a concavidade está virada para baixo;
 - **Sinforma**: a concavidade está virada para cima;
 - **Neutra**: a concavidade está orientada bilateralmente.

- De acordo com a idade relativa das rochas, as dobras podem ser classificadas em:
 - **Anticlinal**: o centro da dobra é ocupado pela rocha mais antiga;
 - **Sinclinal**: o centro da dobra é ocupado pelas rochas mais recentes.
 - Normalmente existe correspondência entre anticlinais e antiforamas, bem como entre sinclinais e sinforamas.
 - As dobras geralmente são formadas por forças compressivas como as que existem ao longo dos limites onde duas placas colidem.
 - Os geólogos só conseguem observar os resultados finais de uma sucessão de acontecimentos: deposição, deformação, erosão, etc., mas deduzem a história de deformação de uma região determinando a idade dos estratos e fazendo mapas de dobras e falhas, o que lhes permite reconstruir a história da região.
- A deformação é influenciada pelo tipo de rocha e pelas forças compressivas



Magmatismo. Rochas magmáticas

- A **diferenciação magmática** é um processo que ocorre durante a evolução de um magma que permite a formação de rochas de composição diferente a partir de um mesmo magma.
- As **séries de Bowen** são sequências de reacção que ocorrem no decurso do arrefecimento de um magma, sempre que os primeiros cristais formados ficam no seio do magma com o qual reagem. Desaparecem e originam outros que, em igual regime, tornam a reagir, até se atingir um equilíbrio entre as fases sólida e líquida. São duas:
 - Série contínua** ou das plagioclases, que se inicia com a anortite (plagioclase cálcica) e termina na albite (plagioclase sódica). Nesta série, a **estrutura interna dos minerais não se altera**.
 - Série descontínua** ou dos ferromagnesianos, que se inicia com a olivina, primeiro a magnesiana, enriquece-se sucessivamente em ferro, seguindo-se as piroxenas, anfíbolos e biotite.
- A organização interna, regular e repetitiva dos minerais reflecte-se, em condições favoráveis, na forma dos cristais.
- Um **cristal** é um sólido homogéneo poliédrico, limitado por faces planas. A sua forma reflecte a disposição dos átomos, iões ou moléculas, de modo ordenado e periódico, segundo determinado padrão.
- O **isomorfismo** verifica-se quando existem cristais com forma e estrutura idênticas, composição química diferente e em que os seus iões têm tamanho, carga e polaridade eléctrica semelhantes, podendo substituir-se entre si, total ou parcialmente, formando cristais mistos ou soluções sólidas. No isomorfismo total, constituem-se séries completas, por exemplo, a série das olivinas, cuja composição varia entre dois extremos: Fe_2SiO_4 (faialite) e Mg_2SiO_4 (forstite).
- **Polimorfismo** é a ocorrência de minerais com constituição química idêntica e estruturas cristalinas diferentes. Normalmente, geram-se em condições ambientais diferentes, por exemplo: diamante e grafite, constituídos por carbono.

Principais características das rochas magmáticas	Classificação das rochas		
Textura: Modo como estão organizados os constituintes de uma rocha e que diz respeito à cristalinidade, tamanho, arranjo e forma dos seus componentes.	Vítrea — Textura da rocha vulcânica, meteorítico em que os constituintes ou resultante de impacto não estão cristalizados.		
	Afanítica ou regular — Rocha caracterizada pela impossibilidade de visualizar macroscopicamente (a olho nu) os grãos constituintes da rocha.		
	Fanerítica ou Granular — Rocha caracterizada pela existência de grãos individualizados, cujo tamanho permite a sua observação à vista desarmada. Pode ser granular, porfiróide e pegmatítica, conforme a dimensão relativa dos grãos.		
Cor: Os minerais mais abundantes numa rocha determinam a sua cor. Minerais félsicos como o quartzo e o feldspato possuem cor clara. Minerais máficos como as piroxenas, anfíbolos e olivinas são em geral pretos ou muito escuros.	Melanocrata	Minerais Félsicos	Minerías Máficos
	Mesocrata		
	Leucrata		
Composição química	Ácidas	Teor em sílica crescente	
	Intermédias		
	Básicas		
	Ultrabásicas		

• A composição do magma e as condições onde ocorre a sua formação influenciam as características das rochas magmáticas.

Tipos de rochas magmáticas

Composição	Rocha	Cor e principais minerais	Local de formação	Textura
Ácida	Granito	Clara, rica em quartzo, feldspato potássico e plagioclase sódica.	Intrusivo	Fanerítica ou granular
	Riolito		Extrusivo	Afanítica ou agranular
Intermédia	Diorito	Cor cinzenta a verde (mesocrata), rica em plagioclase, biotite e anfíbola.	Intrusivo	Fanerítica ou granular
	Andesito		Extrusivo	Afanítica ou agranular
Básica	Gabro	Cor escura ou preta, rica em plagioclase, piroxenas e olivina.	Intrusivo	Fanerítica ou granular
	Basalto		Extrusivo	Afanítica ou agranular

Metamorfismo. Agentes de metamorfismo. Rochas metamórficas

• As **rochas metamórficas** resultam de modificações de outras preexistentes na crosta (magmáticas, sedimentares ou metamórficas) por acção de factores físicos e químicos (calor, pressão e fluidos) durante tempo suficiente para que a matéria da rocha no estado sólido se reorganize, ficando em equilíbrio com as novas condições do meio.

• **Metamorfismo** é o conjunto de transformações que afectam uma rocha preexistente na sua estrutura, textura, composição mineralógica e/ou composição química, quando é sujeita, no interior da crosta terrestre, a condições de pressão, temperatura e fluidos, diferentes das que presidiram à sua génese, durante um tempo suficiente para que se estabeleça o equilíbrio do sistema, em meio essencialmente sólido. Diferentes ambientes termodinâmicos definem vários tipos de metamorfismo.

• Factores de metamorfismo são todos os agentes das transformações das rochas em **ambientes metamórficos**:

• **Tensão litostática**, exercida em todos os sentidos, aumenta cerca de 250 a 300 atmosferas por quilómetro;

• **Tensão não litostática**, pressão orientada ou stress, exercida em determinado sentido por forças tectónicas de tracção ou de compressão;

- **Pressão dos voláteis**, exercida pelos gases em circulação nas rochas;
- **Temperatura elevada**, quer por intrusão magmática ou de fluidos quentes, ou, ainda, devido ao aumento da profundidade;
- **Fluidos circulantes**, líquidos, gases e vapores que emanam do magma ou são provenientes das rochas superficiais, que os libertam por efeito da pressão e temperatura, por exemplo, vapor de água, dióxido de carbono, oxigénio, flúor, etc.;
- **Tempo** durante o qual se torna possível passar de uma situação instável para uma de maior estabilidade com formação de novos minerais e novas estruturas na rocha.

Um dos critérios para classificar o metamorfismo é a **extensão da área atingida**. Assim, e segundo este critério, definem-se dois **tipos de metamorfismo**:

— **Metamorfismo local** é aquele que ocupa áreas pequenas de terreno. Aqui se inclui o metamorfismo de contacto, de impacto, metassomatismo e hidrotermal.

1. **Metamorfismo de contacto**: metamorfismo de âmbito local devido ao contacto de rochas encaixantes com uma massa quente intrusiva de rocha fundida. À volta das intrusões magmáticas, há orlas ou auréolas de rochas metamórficas num espaço que varia de poucos metros até alguns quilómetros, por exemplo, o calcário transformado em mármore.

2. **Metamorfismo de impacto**: é devido ao calor produzido pela queda de meteoritos, que por vezes até funde as rochas.

3. **Metassomatismo**: metamorfismo em que ocorrem grandes mudanças na constituição química global da rocha, por penetração de elementos químicos estranhos (com idêntico raio iónico e semelhanças químicas), contidos em fluidos circulantes.

— **Metamorfismo regional**: tipo de metamorfismo mais comum. Ocorre quando grandes extensões da crosta ficam sujeitas a altas pressões e temperaturas. É característico de zonas de placas convergentes.

- O metamorfismo confere novas texturas às rochas. A textura da rocha metamórfica é determinada pelos tamanhos, formas e arranjos dos cristais constituintes.

- Algumas texturas metamórficas dependem dos tipos de minerais formados (por exemplo, as micas são em placa) e do tamanho do grão.

- Normalmente, o tamanho dos cristais é proporcional ao grau de metamorfismo: quanto maior o grau de metamorfismo, maior o tamanho do cristal e a espessura da foliação.

- Cada textura revela algo sobre o passado, isto é, sobre o processo metamórfico que a criou.

- A **foliação** é um critério importante para a classificação das rochas metamórficas e consiste num conjunto de superfícies paralelas, planas ou onduladas, produzidas pelas forças compressivas. As rochas metamórficas podem ser foliadas ou não foliadas.

- A foliação pode ser de 3 tipos:

1. **Clivagem ardósifera**: definida pela orientação preferencial de minerais, em rochas de granularidade fina (os minerais marcadores da foliação são invisíveis a olho nu). As rochas com este tipo de foliação partem-se facilmente em folhas finas e lisas de aspecto baço. É a estrutura típica de rochas de baixo grau de metamorfismo.

2. **Xistosidade**: elemento estrutural da rocha evidenciado pela existência de planos paralelos, resultantes de uma forte recrystalização dos minerais que a constituem. Como resultado, a rocha divide-se em lâminas finas e paralelas. Associada a rochas de médio a elevado grau de metamorfismo.

3. **Bandado gnáissico**: caracterizado pela existência de uma estrutura cristalina onde alternam bandas escuras (geralmente com micas) e bandas claras (ricas em quartzo e feldspato), em rochas de granularidade média-alta. Está associado a rochas formadas por metamorfismo regional de elevado grau.

Ardósia → Filito → Xisto → Gnaisse → Migmatito

- As rochas foliadas são classificadas pela intensidade da clivagem, pela xistosidade e pelo bandado, o qual corresponde à intensidade do metamorfismo.

Classificação das rochas metamórficas com base na textura:

Classificação (textura)	Características	Nome da rocha	Rocha-mãe
Foliada (com orientação preferencial)	Clivagem ardosífera	Ardósia	Argilito
	Xistosidade	Xisto	
		Filito	
	Bandado gnáissico	Gnaíse	Argilito, granito ou basalto
Não foliada (sem orientação preferencial)	Grão fino	Corneana	Argilito
	Grão de quartzo recristalizados	Quartzito	Arenito de quartzo
	Brilho vítreo		
	Grão grosso	Mármore	Calcário

Águas subterrâneas

- A água subterrânea que se formou a partir da infiltração da água da chuva, passa através dos espaços porosos existentes no solo, no sedimento ou na rocha que lhe serve de aquífero.

Aquíferos

- **Aquífero** é uma camada (simultaneamente porosa e permeável) que armazena água subterrânea em quantidade suficiente para o abastecimento.
- A **porosidade**, percentagem do volume total que é ocupada pelos poros, está relacionada com a capacidade de armazenamento. É maior em sedimentos e rochas sedimentares do que em rochas magmáticas ou metamórficas.
- A **permeabilidade** é a capacidade que um sólido possui de permitir a passagem da água através dos poros. Geralmente aumenta com a porosidade, pelo que um **bom reservatório** deve ter **alta porosidade** e **alta permeabilidade**.
- A água subterrânea pode fluir em:
- **Aquíferos confinados ou cativos**: estão limitados por 2 camadas de baixa permeabilidade.
- **Aquíferos não confinados ou livres**: não possuem qualquer camada a recobri-los. A água passa através de camadas com permeabilidade uniforme até à superfície. O nível do reservatório corresponde à altura da superfície freática.
- Num aquífero identificam-se duas zonas separadas pelo nível hidrostático: a zona de aeração e de saturação.

Zona de aeração: parte dos poros contém ar e não está preenchida com água

Zona de saturação: os poros do solo ou da rocha encontram-se completamente preenchidos com água.

- À medida que a população aumenta, sobretudo em locais em que a água seja muito utilizada na rega, se a taxa a que o aquífero é recarregado for lenta, ocorrerá a sua redução. Os esgotos domésticos, os efluentes industriais e os resíduos radioactivos podem contaminar a água subterrânea, tornando-a imprópria para consumo.

Exploração sustentada dos recursos geológicos

- Os processos que ocorreram ao longo da história da Terra possibilitaram a existência de um ambiente compatível com a vida, nomeadamente:
 - Uma atmosfera respirável;
 - Oceanos;
 - Solos ricos;
 - Clima moderado.
- Durante o desenvolvimento da espécie humana, o homem foi adquirindo cada vez melhores condições de vida muito à custa dos recursos da Terra.
O uso descontrolado dos recursos finitos da Terra, podem levar à:
 - escassez desses recursos;
 - acumulação de resíduos perigosos.
- Um futuro sustentável possibilitando a existência de gerações futuras, só será possível se usarmos bem, e de forma equilibrada, esses recursos.
- **Reservas** são depósitos de materiais que já se conhecem e que actualmente podem ser explorados economicamente e de acordo com a lei.

- Aos depósitos de minerais a partir dos quais se pode extrair, com lucro, os metais neles contidos dá-se o nome de **minérios**. Só se justifica a sua exploração se a sua abundância média (factor de concentração) atingir um determinado valor.
- **Ganga** é o material rejeitado durante a fase de tratamento do minério.
- **Recursos** são a totalidade dos materiais que existem (conhecidos ou não) e que podem vir a ser utilizados no futuro.
- É possível que algumas reservas cuja qualidade ou quantidade não permitam a sua utilização por não serem rentáveis o possam vir a ser no futuro, caso sejam desenvolvidas novas tecnologias ou os preços subam. Por exemplo, a utilização de grandes reservatórios de petróleo e gás descobertos a 3 mil km de profundidade no golfo do México.
- A maioria dos recursos são considerados **não renováveis**, já que os processos geológicos os produzem a uma velocidade mais lenta que aquela a que a civilização os consome.
- A energia é essencial para o nosso dia-a-dia. À medida que o mundo se industrializou, a procura de energia aumentou e os tipos de energia mudaram.
- Actualmente os países desenvolvidos dependem em primeiro lugar do carvão, do gás natural e da energia nuclear. Nos países pobres, a lenha é ainda uma importante fonte de energia.
- Mais de 85% da energia mundial tem origem nos combustíveis fósseis.
- Se o petróleo e o gás natural continuarem a ser utilizados ao mesmo ritmo de hoje, a maior parte do stock mundial estará esgotado dentro de 50-100 anos.
- O carvão, se usado moderadamente, também poderá fornecer energia durante alguns anos. No entanto, o CO₂ libertado na combustão de todos os combustíveis fósseis pode desencadear mudanças climáticas tais, que o mundo seja forçado a abandonar a sua utilização.
- Para aliviar a pressão sobre os combustíveis devem ser utilizadas fontes de energia alternativas: energia nuclear, energia solar, energia hidroelétrica, energia eólica e energia geotérmica.