
Índice

1. Ecologia e Meio Ambiente – Parte 1	2
2. Ecologia e Meio Ambiente – Parte 2	16
3. Origem da Vida e Evolução	33
4. Bioquímica	46
5. Estrutura e Fisiologia Celular	59
6. Ácidos Nucleicos	73
7. Metabolismo Energético	85
8. Histologia Animal	96
9. Genética – Parte 1	113
10. Genética – Parte 2	127
11. Taxonomia – Parte 1	143
12. Taxonomia – Parte 2	159
13. Reino Animal	172
14. Fisiologia – Parte 1	190
15. Fisiologia – Parte 2	203

Ecologia e Meio Ambiente – Parte 1

1. INTRODUÇÃO À ECOLOGIA

A vasta riqueza de formas de organismos gerada no processo evolutivo está relacionada à variação de ambiente no espaço geográfico e no tempo. A ecologia objetiva decifrar essas conexões, que existem entre os organismos entre si e com o meio, em diferentes níveis de organização biológica (organismos, populações, comunidades, ecossistemas) e em diferentes escalas espaciais e temporais.

Como toda ciência humana, a Ecologia teve um desenvolvimento gradativo durante a história. As obras de Hipócrates, Aristóteles e outros filósofos da Grécia antiga contêm claras referências a temas ecológicos. O vocábulo Ecologia ("oikos", que significa casa, e "logos", estudo) foi utilizado primeiramente por Haeckel na Alemanha no ano de 1869. Os primeiros livros textos foram publicados em 1927 (Elton) e 1929 (Weaver & Clements).

Ecologia, historicamente, tem sido definida como: história natural científica; história natural quantitativa; o estudo da estrutura e função da natureza; a sociologia e economia dos organismos; bionomia; o estudo da distribuição e abundância dos organismos; o estudo das inter-relações entre os organismos e seu ambiente. Esta última definição é provavelmente a de melhor utilização, com "ambiente" sendo definido como o conjunto de fatores atuando em uma unidade orgânica particular. Por unidade orgânica entendemos por indivíduos, grupos (ou deimes), populações, espécies ou comunidades.

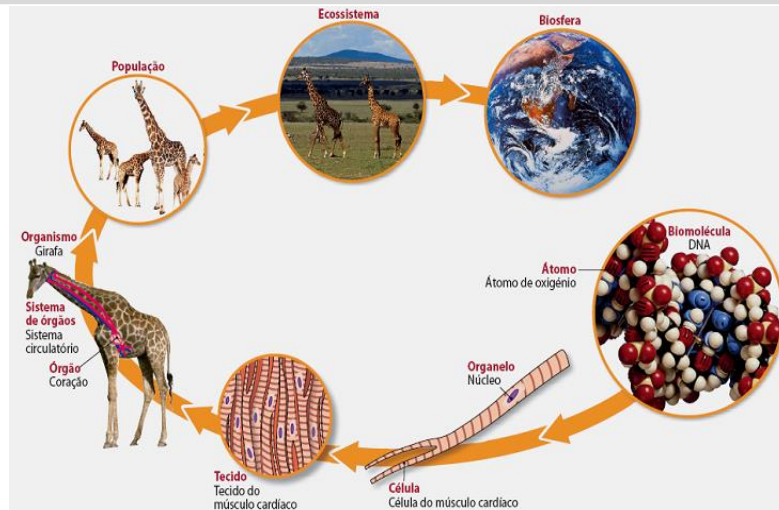
Uma das formas de dividirmos a complexidade ambiental para facilitar os estudos ecológicos consiste em dividi-la em **ecobiose** – estuda as relações dos seres vivos com o meio abiótico (ex.: luz, temperatura) e **alelobiose** – estuda as relações dos seres vivos entre si.

2. OS NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO

Os seres vivos estão organizados em níveis, e estes níveis estão em uma ordem crescente de acordo com o nível que cada um abrange. A Biologia é uma disciplina vasta abrangendo desde átomos (elementos químicos), moléculas orgânicas e inorgânicas, células e tecidos, órgãos e sistemas até os organismos.

A Ecologia é o ramo da Biologia que trabalha nos níveis de organização acima do indivíduo, compreendendo o estudo das populações, comunidades, ecossistemas e mesmo toda a biosfera. Ao longo desta variada escala, fatores variam em muitas ordens de magnitude. Biologia molecular pode ser exercida facilmente em pequenos laboratórios, mas ecologia de comunidades requer décadas e quilômetros quadrados.

Eventos biogeográficos e históricos ocorrem em mais de um milênio de anos. Placas continentais movem-se a mais de milhares de quilômetros ao longo do tempo geológico. Mesmo que recentemente estudos tenham abordado fenômenos locais e eventos ocorrendo em curto espaço de tempo, novas subdisciplinas de macroecologia oferecem promissoras perspectivas regionais e globais.



Níveis de organização em biologia

3. CONCEITOS BÁSICOS EM ECOLOGIA

- **População:** grupo de indivíduos da mesma espécie que vivem em um mesmo local e tempo com alta probabilidade de reprodução.
Ex.: Botos cor-de-rosa no rio Amazonas
- **Espécie:** conjunto de indivíduos que partilham o mesmo fundo gênico, morfologicamente semelhantes e capazes de se cruzarem entre si originando indivíduos férteis. O conceito biológico de espécie pode ser de difícil aplicação em organismos assexuados, fósseis etc. Ferramentas moleculares podem ser bastante eficazes no auxílio a classificação taxonômica.



Embora semelhantes, cachorro e lobo são de espécies diferentes.

- **Comunidade:** conjunto interativo de populações de espécies distintas que vivem no mesmo local e tempo. Também são usados os termos Biocenose, Biota ou Taxocenose para o conjunto de espécies de um mesmo local.
- **Biótopo:** meio físico onde vivem os seres vivos de um ecossistema (plantas, animais, microrganismos); é o local ocupado por uma comunidade biológica e é definido por

parâmetros tais como o clima e características do substrato (ex.: gases, umidade, temperatura, insolação, grau de luminosidade).

- **Ecossistema:** conjunto formado por todos os fatores bióticos (comunidade) e abióticos (biótopo) que atuam simultaneamente sobre determinada região. A alteração de um único elemento costuma causar modificações em todo o sistema, podendo ocorrer a perda do equilíbrio existente.



O ecossistema do cerrado possui várias espécies animais e vegetais típicas, seu solo é ácido e o fogo pode ter papel importante na germinação das sementes

- **Biosfera:** região do planeta que contém todo o conjunto de seres vivos e na qual a vida é permanentemente possível. Pode ser considerada como o conjunto de ecossistemas do planeta Terra.
- **Habitat:** conceito usado em ecologia que inclui o espaço físico e os fatores abióticos que condicionam um ecossistema e por essa via determinam a distribuição das populações de determinada espécie. Para facilitar a compreensão, o habitat pode ser considerado o endereço da espécie.



O habitat do tuiuiu (*Jabiru mycteria*) é o pantanal

- **Nicho Ecológico:** ao conjunto de atividades de uma espécie ao longo de todas as dimensões do ambiente. Inclui fatores físico-químicos como a temperatura, umidade e oxigenação; e fatores bióticos como espécies predadoras, alimentação e lugar para repouso. Pode se dizer que o nicho pode ser considerado a profissão da espécie.



Embora muito semelhantes, as aves acima possuem pequenas diferenças no comportamento reprodutivo e alimentar – duas espécies distintas nunca possuem o mesmo nicho ecológico.

4. DINÂMICA DE POPULAÇÕES

Uma população não é apenas um conjunto de indivíduos da mesma espécie, mas uma entidade biológica com características próprias. Toda população apresenta um conjunto de atributos particulares como:

- **Densidade populacional (D)** é a relação entre o número de indivíduos que compõem determinada população e o espaço ocupado por eles ($D = n^\circ \text{ de indivíduos/espaco}$). Determinados fatores aumentam e outros diminuem a densidade populacional ao longo do tempo.
- **Dinâmica populacional** é o ramo da Ecologia que estuda as variações temporais no número de indivíduos de uma população. O estudo da dinâmica das populações naturais é importante para que possamos compreender o que ocorre nos ecossistemas de equilíbrio, bem como os fatores que promovem o crescimento ou decréscimo populacional. Para avaliar o desenvolvimento de uma população, é preciso conhecer certos atributos que lhe são característicos:

Taxa de natalidade (N): número de indivíduos que nascem em um determinado intervalo de tempo.

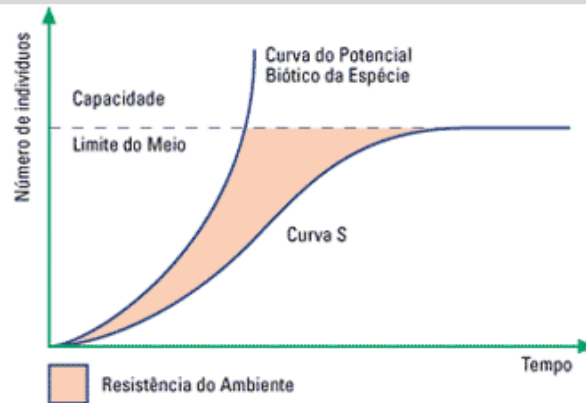
Taxa de mortalidade (M): número de indivíduos que morrem em um determinado período de tempo.

Taxa de imigração (I): número de indivíduos que chegam a uma população.

Taxa de emigração (E): número de indivíduos que saem de uma população.

Para uma população em equilíbrio, temos: $N+I = M+E$

Em um mundo finito (recursos limitados) nenhuma população pode crescer exponencialmente durante muito tempo. Observe o gráfico abaixo:



Neste gráfico alguns termos são de importante conceituação:

- **Potencial biótico:** capacidade de reprodução de uma dada espécie. Somente possível caso os recursos sejam ilimitados. A curva do potencial biótico também pode ser chamada de curva J.
- **Resistência do meio:** conjunto de fatores que dificultam a sobrevivência e reprodução dos indivíduos. Esses fatores, como predadores, parasitas, clima desfavorável, pequena disponibilidade de abrigo são efetivos na diminuição do crescimento populacional.
- **Capacidade de suporte ambiental (K):** número máximo de indivíduos da população que o ambiente consegue suportar. Uma vez ultrapassado o K da população ela tende a diminuir, podendo inclusive se extinguir.
- **Curva de crescimento real (logístico):** a curva S de crescimento populacional é a mais comum nos ecossistemas naturais. Na medida em que a população cresce, aumenta a resistência do meio, o que determina que a população se estabilize no valor K.

5. RELAÇÕES ALIMENTARES

Seres vivos possuem diferentes formas de nutrição: alguns são autótrofos, outros são heterótrofos e existem até mesmo aqueles que são autótrofos e heterótrofos ao mesmo tempo e, por isso, chamamos de mixótrofos. Entretanto existe uma nomenclatura própria para se definir os níveis tróficos:

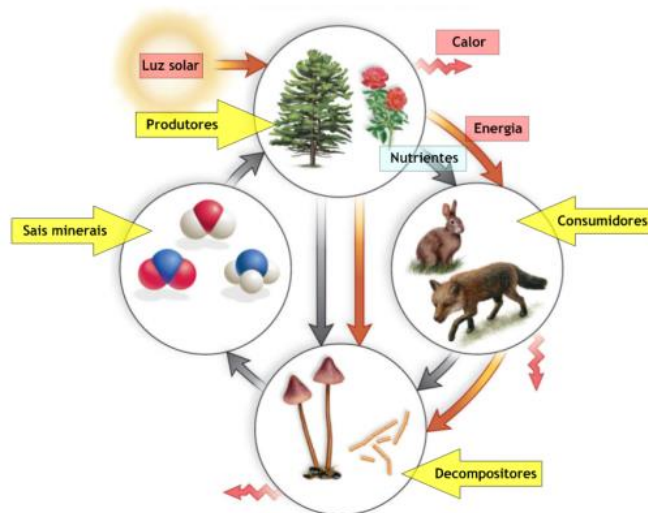
- **Produtores:** organismos autotróficos que sintetizam seu próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas simples. O metabolismo autotrófico mais comum é o fotossintetizante (realizado por cianobactérias, algas e plantas), sendo este responsável pela transformação da energia luminosa em energia química de moléculas orgânicas. Bactérias também podem utilizar energia química da oxidação de substâncias inorgânicas simples para a produção de alimento, sendo este processo denominado quimiossíntese.
- **Consumidores:** seres heterotróficos, ou seja, alimentam-se de outros seres, não sendo capazes de sintetizar seu próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas simples.

Consumidores primários (herbívoros) se alimentam diretamente dos produtores, os que se alimentam dos consumidores primários são denominados consumidores secundários e assim por diante. Consumidores secundários em diante são classificados também como carnívoros e os seres vivos que se alimentem de produtores e consumidores são classificados como onívoros.

- **Decompositores:** degradam a matéria orgânica contida nos produtores e consumidores quando eles morrem. Liberam no meio ambiente sais minerais e outras substâncias inorgânicas que podem ser utilizadas diretamente pelos produtores.

5.1. Cadeias alimentares

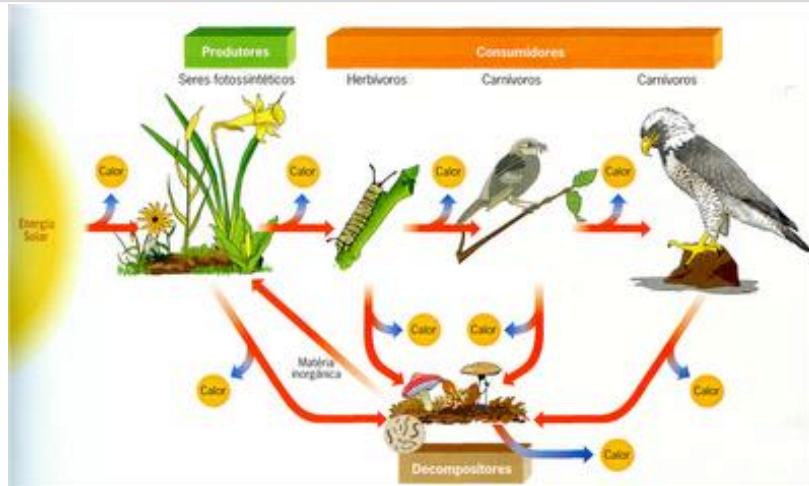
A sequência linear de seres vivos em que cada espécie (nível trófico) serve de alimento para somente uma outra espécie é denominada cadeia alimentar. Nas cadeias alimentares cada nível trófico (produtor, consumidor primário etc.) é representado por somente uma única espécie. O conjunto de cadeias alimentares denomina-se teia trófica.



Matéria e energia são transformados ao longo da cadeia alimentar

Ao longo da cadeia alimentar há uma transferência de energia e de matéria no sentido dos produtores para os decompositores. No entanto, a transferência de nutrientes fecha-se com o retorno dos nutrientes aos produtores, possibilitado pelos decompositores que transformam a matéria orgânica em compostos mais simples (ciclo da matéria).

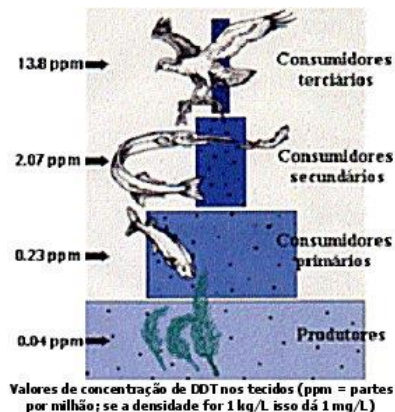
Diferentemente da matéria, nem toda a energia luminosa absorvida pelo produtor é transferida para o consumidor, pois parte dela é retida no próprio produtor e outra é dissipada para o meio, sendo assim haverá uma perda significativa de energia com o passar dos níveis tróficos. A transferência de energia em uma cadeia obedece a um fluxo unidirecional (do produtor para o consumidor) e do de matéria como sendo um ciclo bidirecional (do produtor para o consumidor e deste de volta para o produtor através dos decompositores).



A energia sempre diminui ao longo da cadeia alimentar. São aproveitados cerca de 10% do nível trófico anterior e o resto é dissipado principalmente como calor

Obs.: Magnificação trófica, biomagnificação ou bioacumulação

Substâncias não biodegradáveis como metais pesados e agrotóxicos podem se acumular nos tecidos dos organismos sendo muito difícil sua eliminação. Como cada ser sempre se utiliza de diversos indivíduos do nível trófico inferior a concentração destas substâncias nos tecidos animais sempre aumenta ao longo da cadeia alimentar assumindo maiores concentrações em seus predadores de topo.



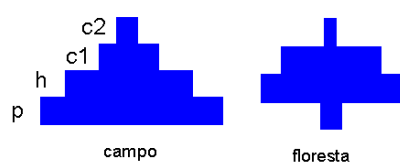
5.2. Pirâmides Ecológicas

As cadeias alimentares podem ser representadas quantitativamente através de um conjunto de retângulos justapostos em que a base será representada sempre pelo produtor. As pirâmides podem apresentar diversas formas, dependendo do tipo de variável que estão representando. Sendo assim, elas podem ser classificadas em três tipos:

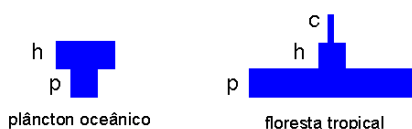
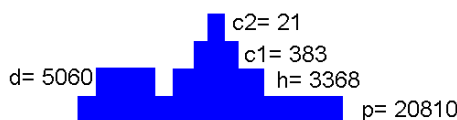
- **Pirâmide de números:** representa a quantidade de organismos em cada nível trófico. No exemplo abaixo, analisando o formato da pirâmide pode-se deduzir que a quantidade de organismos tende a diminuir à medida que se sobe em direção ao vértice superior. Em alguns casos, a pirâmide de números pode ser invertida, dependendo dos organismos que compõem os níveis tróficos analisados.

- **Pirâmide de biomassa:** reflete a quantidade de matéria componente de um organismo ou grupo de organismos por unidade de área. Usualmente ecólogos utilizam o peso seco na comparação entre os níveis tróficos (peso seco = peso úmido – água), pois a quantidade de água varia muito entre as espécies e desta forma a matéria que persiste nos organismos é principalmente a matéria orgânica (que reflete a quantidade de energia acumulada nos organismos). O mais comum é que pirâmides de biomassa sejam diretas, entretanto nem sempre isso ocorre, podendo estas também assumir aspecto invertido.
- **Pirâmide de energia:** representa a quantidade de energia nos diversos níveis tróficos do ecossistema. Representam não somente a biomassa de cada nível trófico, mas também o tempo que este parâmetro leva para ser acumulado. Como o fluxo de energia é unidirecional, a pirâmide de energia é a única que nunca pode ser invertida.

Pirâmide de números



Pirâmide de Biomassa

Pirâmide energética (fluxo em kcal/m².ano)

Silver Spring, Florida segundo Odum, (1957)

Exemplos de pirâmides de número, biomassa e energia.

6. ALELOBIOSE – RELAÇÕES ENTRE OS SERES VIVOS

Todos os seres vivos, por mais isolados que estejam, estão sempre se relacionando e as mais variadas formas de relações podem ser encontradas na natureza com as suas respectivas necessidades de manutenção. Alguns organismos dependem diretamente de outros para sobrevivência ou apenas vivem juntos de outros para facilitar a sua existência. Até mesmo as relações que são prejudiciais a alguns, mas necessárias à manutenção do equilíbrio do meio. Esses aspectos importantes para a preservação do equilíbrio natural são estudados nas relações ecológicas.

As relações ecológicas são classificadas tradicionalmente como **intraespecíficas** – quando ocorrem entre indivíduos da mesma espécie; ou **interespecíficas** – quando ocorrem entre indivíduos de espécies diferentes. Classificaremos também as relações como **harmônicas** – quando nenhuma das partes envolvidas é prejudicada; e **desarmônicas** – quando ao menos uma das partes que se relacionam é prejudicada. Esta classificação em harmônica ou desarmônica não é mais utilizada atualmente. Relações desarmônicas (ex.: predação) são fundamentais ao

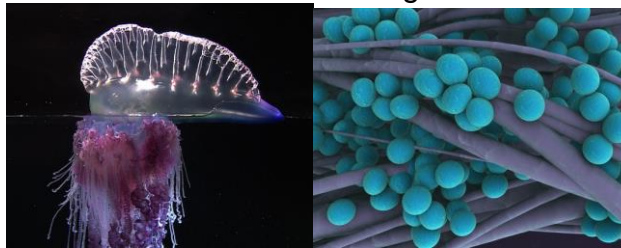
controle populacional das espécies, atuando como fatores de resistência ambiental para evitar o seu crescimento populacional excessivo e o conseqüente esgotamento de recursos.

Quando o organismo é prejudicado em uma relação caracteriza-se esse prejuízo pelo símbolo (-), quando é beneficiado pelo símbolo (+) e quando é neutro, não sendo beneficiado ou prejudicado, pelo símbolo (0).

6.1. Relações harmônicas

→ Harmônicas Intraespecíficas

- **Colônia (+,+):** caracteriza-se pela ligação anatômica existente entre os participantes e têm como objetivo o bem estar de todos os seus integrantes.



Caravelas (cnidários) e bactérias estafilocos são exemplos de colônias

- **Sociedade (+,+):** apresentam objetivos semelhantes à colônia, isto é, o bem estar dos seus integrantes. A diferença básica é que os organismos constituintes da sociedade não apresentam ligação orgânica; o que os mantém juntos é o instinto de preservação, pois cada integrante desempenha o seu papel em benefício da coletividade.



Abelhas, vespas e cupins são insetos sociais

- **Gregarismo (+,+):** estratégia protetora observada em diversos grupos de animais, que se agrupam em sociedades mais ou menos estruturadas, permanentes ou temporárias, visando a proteção dos indivíduos que a compõem.



Em um cardume os peixes estão mais protegidos da predação

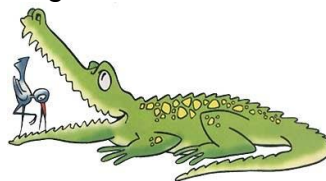
→ Harmônicas Interespecíficas

- **Mutualismo (+,+):** relação em que os integrantes trocam benefícios mútuos onde pode ser observada uma grande dependência entre eles, sendo a sua coexistência obrigatória, isto é, existe a inviabilidade desses organismos sobreviverem separadamente. Um exemplo clássico é o líquen que é a associação mutualística entre fungos e algas. Nessa associação, os fungos, dentre outras funções, retêm a água para a alga e as algas, utilizando-se dessa água e dos sais minerais obtidos pelo fungo através de intemperismo biológico, produzem a matéria orgânica que dividem com os fungos. Outro exemplo é o que ocorre entre bactérias e ruminantes. Os unicelulares (protozoários e bactérias), principalmente as bactérias, digerem a celulose e a celulose dos vegetais recebendo em troca dos ruminantes a proteção e alimento para a sua sobrevivência.



Líquens sobre o caule de uma árvore

- **Protocooperação (+,+):** associação semelhante ao mutualismo onde os organismos participantes trocam benefícios, porém não necessitando obrigatoriamente viver juntos já que a dependência orgânica e energética não é observada.



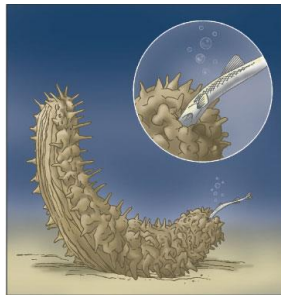
O pássaro palito retira restos dos dentes do crocodilo e ambos saem ganhando

- **Comensalismo (+,0):** relação em que um dos organismos é beneficiado, sem que haja prejuízo para o outro. O comensalismo foi originalmente descrito como a associação em que um indivíduo (denominado comensal) utiliza restos alimentares de outra espécie sem prejudicá-la ou beneficiá-la.



Peixes-piloto se utilizam de restos alimentares do tubarão sem lhe conferir benefício ou prejuízo

- **Inquilinismo (+,0):** esta relação é semelhante ao comensalismo onde apenas um é beneficiado sem prejudicar o outro, sendo que neste caso, o organismo beneficiado procura do outro abrigo e proteção em função dos fatores adversos que o meio lhe impõe.



O peixe-agulha se esconde de predadores no ânus do pepino do mar que não é beneficiado ou prejudicado.

- **Epifitismo (+,0):** tipo de inquilinismo que ocorre entre vegetais como, por exemplo, as bromélias e as árvores de grande porte. Sem parasitar a árvore, as bromélias utilizam seus galhos mais altos ganhando como benefícios substrato e luz.



Epifitismo - bromélias e orquídeas são muito comuns sobre as árvores

6.2. Relações desarmônicas

→ Desarmônicas intraespecíficas

- **Canibalismo (+,-):** nesta associação, um organismo mata e se nutre de outro organismo de sua própria espécie. Em aranhas é comum a fêmea passar os meses de preparação para a reprodução sem se alimentar o que torna o macho uma presa em potencial, este então passa a servir de alimento após a cópula, para suprir as suas necessidades

nutricionais. Embora pareça negativo à população, o canibalismo na verdade pode consistir um importante mecanismo natural de controle populacional diminuindo a competição intraespecífica.



Louva-a-deus fêmea come o macho após a cópula (ato sexual)

- **Competição Intraespecífica (-,-):** populações usualmente possuem tendência ao crescimento mas, como os recursos são limitados, na natureza a maior parte delas encontra-se em equilíbrio. Competição intraespecífica é a relação de disputa entre indivíduos da mesma espécie por recursos limitados (ex.: abrigo, parceiro sexual, alimento, luz). Esta relação acaba determinando uma intensa ação seletiva sobre os indivíduos envolvidos. A partir do momento que somente os mais aptos utilizam os recursos e possuem reprodução diferenciada, a competição intraespecífica acaba sendo um importante mecanismo determinante da seleção natural



A competição por parceiros sexuais ocorre na maioria das espécies

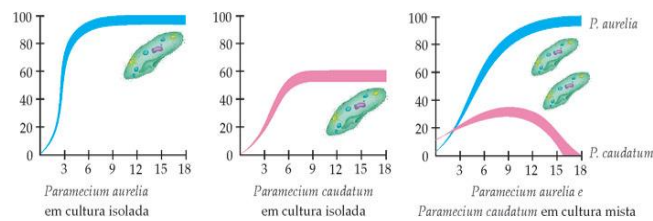
→ Desarmônicas interespecíficas

- **Competição interespecífica (-,-):** assim como os recursos limitados determinam a disputa entre os indivíduos de uma mesma espécie, espécies distintas que utilizem um mesmo recurso cuja abundância seja limitada também competem entre si. A intensidade da competição depende de forma direta da semelhança dos nichos ecológicos entre os indivíduos envolvidos, logo quanto maior for a sobreposição de nicho ecológico, mais intensa será a competição.



Espécies diferentes de árvore em uma floresta competem silenciosamente por luz e nutrientes.

Obs.: Princípio de Gause ou da exclusão competitiva: Em 1932 o biólogo russo Gause observou em culturas experimentais de microrganismos que utilizavam mesmo recurso que, invariavelmente, a espécie menos apta se extinguiu após a competição. Hoje, sabe-se que caso duas espécies utilizem um mesmo recurso a espécie menos apta tem como destino: a extinção (exclusão competitiva), a migração ou o deslocamento de nicho ecológico.



Exemplo da exclusão competitiva (princípio de Gause) entre espécies diferentes de protozoários)

- **Predatismo (+,-):** relação que se caracteriza por apresentar um organismo (predador) que se alimenta de outro de uma outra espécie (presa) ocasionando sua morte. O verdadeiro predador só mata com finalidade de se alimentar e se mostra como um agente regulador da população de presas, assim como o número de presas determina a quantidade de alimento disponível à população de predadores, trazendo como consequência o equilíbrio dinâmico de ambas as populações. Um bom exemplo é o que ocorre com as populações de lebres e linces de uma determinada região. O aumento da população de lebres aumenta o alimento disponível para os linces que tem a sua população aumentada. Este fato faz com que a população de lebres diminua, diminuindo, por consequência de linces e reiniciando o processo.



Tubarão predando uma foca. Animais que comem sementes também são predadores, pois determinam a morte de centenas de embriões vegetais.

- **Parasitismo (+,-):** relação em que um indivíduo (parasita) alimenta-se de outro indivíduo de outra espécie (hospedeiro) sem ocasionar sua morte. Outras diferenças de parasitas em relação a predadores são o tamanho (parasitas são usualmente menores do que o hospedeiro) e o ciclo reprodutivo (parasitas possuem ciclo vital mais rápido do que os hospedeiros).



A erva-de-passarinho é um hemiparasita vegetal (utiliza a seiva bruta da planta hospedeira), enquanto o cipó-chumbo é um holoparasita vegetal (utiliza a seiva elaborada da planta hospedeira).

- **Amensalismo ou Antibiose (0,-):** relação em que um organismo, de uma determinada espécie inibe ou inviabiliza o crescimento de uma outra espécie. A maré vermelha – processo em que dinoflagelados liberam toxinas na água que matam peixes; e fungos que produzem antibióticos determinando a morte de bactérias são exemplos de amensalismo ou antibiose. O amensalismo pode ser vantajoso a espécie inibidora pois desta forma ela estará reduzindo a competição interespecífica.



Na maré vermelha as toxinas produzidas por algas acabam interferindo na sobrevivência de diversas espécies animais

Ecologia e Meio Ambiente – Parte 2

As comunidades biológicas apresentam grande capacidade de ocupar os mais variados espaços da biosfera. Para muitos ecólogos comunidades são quase como organismos que podem sofrer grandes modificações ao longo do espaço e do tempo. As modificações das comunidades ao longo do espaço denominam-se **zonação** – processo em que as comunidades modificam-se em função do clima (ex.: biomas brasileiros) ou microclima (ex.: costão rochoso).

Quando observamos uma zona de transição nítida entre duas ou mais comunidades, a classificamos como um ecótono. Essa zona de contato, ou faixa de tensão, pode possuir grandes faixas de extensão, porém é mais estreita do que as comunidades adjacentes. Como o ecótono é a interseção entre as comunidades vizinhas, é comum que nessa região sejam encontradas:

- Grande densidade de indivíduos de diferentes populações
- Alta biodiversidade de espécies.
- Relações ecológicas intensas (ex.: competição e predação)



O manguezal é um ecótono entre a terra, a água doce e a água salgada

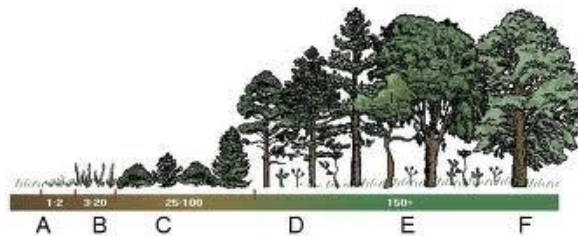
As modificações das comunidades ao longo do tempo ocorrem em um processo denominado **sucessão ecológica** - descrita como um fenômeno natural caracterizado por substituições que se sucedem temporalmente em uma comunidade até chegar a um estágio estável, de equilíbrio.

A sucessão ecológica pode ser definida através de três parâmetros:

- A sucessão corresponde a um processo ordenado de desenvolvimento da comunidade que envolve alterações nas espécies e nos processos da comunidade com o tempo, é razoavelmente dirigido e, portanto, previsível.
- A própria comunidade modifica o ambiente físico, direcionando o processo sucessional, embora o ambiente físico determine o padrão e o ritmo de alteração e imponha com frequência limites à possibilidade de desenvolvimento.
- O processo culmina num ecossistema estabilizado, no qual são mantidos, por unidade de corrente de energia disponível, a máxima biomassa e a função simbiótica entre os organismos.

Os diferentes estágios da sucessão ecológica são classificados em:

- **Comunidade pioneira ou Ecese:** Representa os organismos pioneiros, isto é, os primeiros que aparecem em um meio. Geralmente representada pelas cianobactérias e líquens, uma vez que ambos apresentam características ideais para a sobrevivência em ambientes inóspitos.
- **Comunidades serais ou Seres:** Representa o conjunto de fases intermediárias de uma sucessão ecológica. É um processo contínuo de modificações do meio promovidas pelas comunidades que alteram o meio, que por sua vez permitem a existência de novas comunidades.
- **Comunidade clímax:** Representa a comunidade em equilíbrio, isto é, aquela que não apresenta alterações significativas com o passar do tempo.



O esquema acima representa (de A a F) uma sucessão ecológica. A comunidade A é a pioneira, as comunidades de B a E são comunidades serais e a comunidade F é a comunidade clímax.

Ao longo do processo sucessional as comunidades tendem a variar de forma previsível alguns de seus parâmetros. Estas variações são muito importantes, pois permitem analisar de forma rápida o estágio sucessional de qualquer comunidade biológica. O quadro a seguir mostra algumas das tendências esperadas ao longo do processo sucessional.

Das características listadas no quadro abaixo, um dos mais importantes conceitos é o de produtividade primária. A produtividade primária de um ecossistema descreve a quantidade de matéria orgânica criada pelos seres autótrofos (quimiossintetizantes ou fotossintetizantes) sendo subdividida em:

- **Produtividade primária bruta (PPB):** É a taxa total de fotossíntese, também é chamada de fotossíntese total ou assimilação total.
- **Produtividade primária líquida (PPL):** É a taxa de armazenamento de matéria orgânica nos tecidos vegetais. Corresponde à taxa de fotossíntese menos a taxa de respiração do vegetal (consumo de matéria orgânica). A produtividade primária líquida tende a diminuir ao longo da sucessão, tendendo a zero na comunidade clímax.

Estágio sucessional	Inicial	Tardio
CONDIÇÕES AMBIENTAIS	variável e imprevisível	constante ou previsivelmente variável
POPULAÇÕES		
Mecanismos de determinação de tamanho populacional	abióticos, independentes de densidade	bióticos, dependentes de densidade
Tamanho do indivíduo	pequeno	grande
Ciclo de vida	curto/simples	longo/complexo
Produção	quantidade	qualidade
Flutuações	mais pronunciadas	menos pronunciadas
ESTRUTURA DA COMUNIDADE		
Estratificação (heterogeneidade espacial)	pouca	muita
Diversidade de espécies (riqueza)	baixa	alta
Biomassa	pouca	muita
ENERGÉTICA DA COMUNIDADE		
PPB/R	>1	= 1
PPB/B	alta	baixa
PPL	alta	baixa
Cadeia alimentar	linear (simples)	em rede (complexa)
Troca de nutrientes entre organismos e ambiente	rápida	lenta
Papel dos detritos na regeneração de nutrientes	não importante	importante

Variações ao longo do processo sucessional

São tais os tipos de sucessão:

- **Primária:** É a sucessão que se inicia em um ambiente estéril, não apresentando matéria orgânica ao desenvolvimento da comunidade (ex.: uma ilha vulcânica recém-formada).
- **Secundária:** É a sucessão que ocorre em uma área que já foi uma comunidade clímax, mas que desapareceu por meios naturais ou pela ação humana, como por exemplo, um pasto abandonado.

1. OS BIOCICLOS

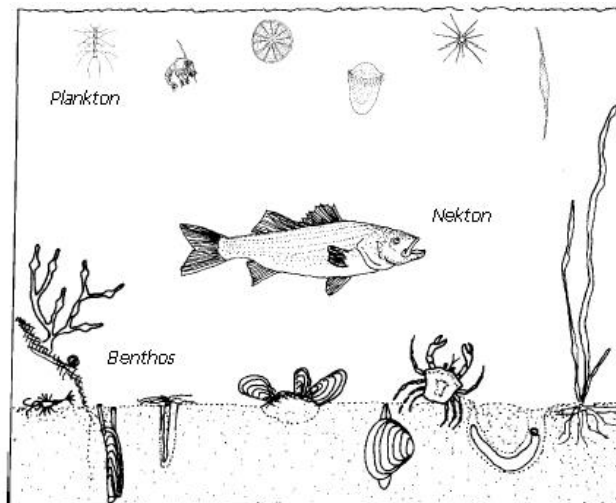
O aspecto mais macroscópico estudado pela Ecologia é a Biosfera - a soma de todas as regiões da terra onde existe vida. Considerando-se a grande diversidade dos ecossistemas que integram a biosfera, ela pode ser dividida em três grandes biociclos: **Talassociclo** ou biociclo das águas

salgadas (marinho), **Epinociclo** ou biociclo terrestre e **Limnociclo** ou biociclo das águas doces ou continentais (dulcícola). Observe abaixo suas principais características:

1.1 Talassociclo

O biociclo marinho é o maior dos biociclos ocupando cerca de $\frac{3}{4}$ da biosfera. Ressalta-se que embora possua maior cobertura do que os demais biociclos, sua biodiversidade de espécies é menor do que a do epinociclo. Os seres vivos presentes neste biociclo são classificados em:

- Plâncton – organismos microscópicos que vivem ao sabor das correntes, o fitoplâncton é produtor, formado por microalgas, enquanto o zooplâncton é consumidor, formado principalmente por microcrustáceos e estágios larvais.
- Nécton – organismos macroscópicos livre-natantes (maioria dos peixes, lula, baleia).
- Bentos – organismos sésseis (fixos) ou vágeis (móveis) que vivem associados ao substrato (arenoso ou rochoso), incluem esponjas, polvos, caranguejos, e até mesmo alguns peixes como o linguado e peixes recifais.



Classificação dos organismos aquáticos

Em relação à luminosidade, podemos identificar três regiões marinhas:

- Zona eufótica – até 100 metros de profundidade, bem iluminada, com muitas algas e animais.
- Zona disfótica – com fraca luminosidade, penumbra que limita a proliferação de algas e reduz a biomassa consumidora.
- Zona afótica – acima de 300 m de profundidade, ausência de luz, ausência total de seres fotossintetizantes. Seres das camadas superiores da água quando mortos tendem a decantar como uma chuva lenta em direção à zona afótica, esta chuva de detritos favorece cadeias detritívoras nas zonas profundas e a decomposição da matéria orgânica no leito do oceano forma zonas de baixa oxigenação denominadas zonas mortas. Na zona afótica nunca ocorrerá a fotossíntese, podendo materiais serem produzidos somente através da quimiossíntese bacteriana.

1.2 Limnociclo

Compreende os ecossistemas de água doce (águas continentais) do planeta. Apresenta várias semelhanças com o talassociclo pelo fato dos organismos encontrados neste biociclo também serem classificados como: plâncton, nécton e bêntos, mas tem como característica principal serem formados apenas, com raras exceções, de zona eufótica.

Os ambientes deste biociclo podem ser classificados de acordo com a movimentação das águas em: massas lânticas que compreende as regiões de água parada, como os lagos; e massas lólicas que compreende as regiões de correnteza, como os rios. Embora seja limitado em cobertura (menos de 1% do planeta) e biodiversidade, sustenta todas as espécies viventes do epinociclo. Grandes demandas por água para a agricultura, indústria e cidades estão exaurindo rapidamente os estoques de água doce do mundo, tornando a proteção deste recurso vital ao homem e à conservação ambiental.

1.3 Epinociclo

Embora represente apenas 28% da área total do globo, este biociclo é o que apresenta a maior biodiversidade global. A grande heterogeneidade ambiental aliada às inúmeras barreiras geográficas que isolam seus distintos ecossistemas favorece o acúmulo de espécies. Suas comunidades-clímax são denominadas biomas e serão listados a seguir.

2. PRINCIPAIS BIOMAS

- **Polar:** Zona junto aos polos com clima glacial (frio intenso). Vegetação praticamente inexistente com animais de sangue quente e denso tecido adiposo como o urso polar, foca, leão marinho etc.
- **Tundra:** Verão é curto e o inverno é longo e frio. A vegetação se limita a pequenos arbustos, musgos e líquens e a fauna a lobos, renas e aves migratórias. Como a produtividade é elevada no seu curto verão, atrai animais herbívoros como bois almiscarados, lebres árticas, renas, caribus e lemingues.



Aspectos do verão na tundra

- **Taiga:** Localizada em regiões temperadas de clima frio, mas com verões mais prolongados do que a tundra. Apresenta baixa biodiversidade, com um grande predomínio de pinheiros e abetos (Gimnosperma). Embora apresente um inverno rigoroso, as coníferas não perdem as folhas (plantas perenefólias ou sempre-verdes), apresentando adaptações que visam a reduzir sua perda d'água nesse período de intensa seca fisiológica (cutícula espessa, folhas aciculadas, estômatos em criptas, raízes profundas). Os animais aqui existentes são

alces, renas, veados, ursos, lobos, raposas, lincos, arminhos, martas, esquilos, morcegos, coelhos, lebres e aves diversas como por exemplo pica-paus e falcões.



Taiga – a floresta de coníferas

- **Floresta temperada:** Com estações do ano bem definidas (primavera, verão, outono e inverno), as florestas temperadas são na sua maioria decíduas ou caducifólias, quando suas árvores perdem as folhas periodicamente (outono/inverno) evitando a perda excessiva nestas estações em que a água do solo encontra-se majoritariamente congelada. Aparece nas latitudes intermediárias, apresentando clima temperado e solo fértil com grande umidade. Abundante vegetação arbórea (sequoia, carvalho, bordo, faia e noqueira), com grande diversidade de animais (ursos, veados, esquilos, lobos, raposas, lebres, répteis, anfíbios, aves e insetos). Em algumas regiões, como forma de adaptação às baixas temperaturas do inverno, alguns animais migram enquanto que outros hibernam.



Floresta temperada

- **Campos:** Vegetação aberta rasteira com predomínio de gramíneas. Poucas árvores e arbustos esparsos. Sua grande produtividade primária líquida favorece a grande riqueza e biomassa de herbívoros que por sua vez permite a proliferação dos demais elos da cadeia alimentar. Encontrados em diversas regiões do planeta: estepes (Rússia), pradarias (América do Norte), savanas (África), pampas (sul do Brasil) e cerrados (região central do Brasil).

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, localizado em uma grande área do Brasil Central. Por fazer fronteira com outros importantes biomas, (a Amazônia ao norte, a Caatinga a nordeste, o Pantanal a sudoeste e a Mata Atlântica a sudeste) a fauna e flora do Cerrado são extremamente ricas. Possui estação seca rigorosa que ao lado de seus solos ácidos, pobres em nutrientes e ricos em alumínio (tóxico às plantas), determinam características xeromórficas a sua vegetação (formato tortuoso). O cerrado é um bioma onde o fogo é um distúrbio constante – diversas espécies de plantas possuem caules subterrâneos com inúmeras gemas que facilitam sua rebrota após o fogo (xilopódios), súber espesso e raízes profundas que buscam o lençol freático.

Apesar do seu tamanho e importância, o Cerrado é um dos ambientes mais ameaçados do

mundo. Dos mais de 2 milhões de km² de vegetação nativa restam apenas 20% e a expansão da atividade agropecuária pressiona cada vez mais as áreas remanescentes.

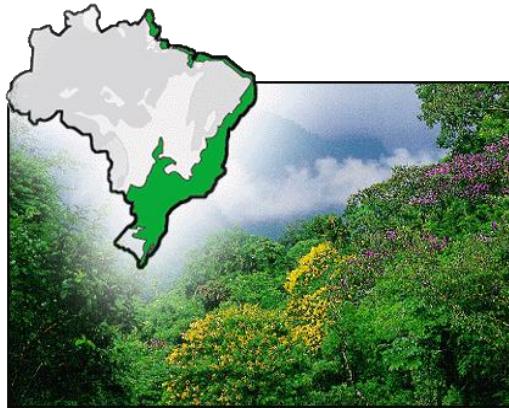


O fogo no cerrado pode ter papel importante na reciclagem de nutrientes e na germinação de sementes

- **Floresta tropical pluvial:** Bioma presente na zona intertropical com condições climáticas bastante favoráveis as espécies de diferentes táxons (temperaturas médias elevadas, alta luminosidade e alta pluviosidade). Este conjunto de fatores favorece que este bioma seja o de maior biodiversidade do planeta. Suas principais características são:
 - Estratificação vertical da vegetação
 - Plantas perene-fólias, higrófilas e latifoliadas.
 - Elevada riqueza de trepadeiras (lianas) e epífitas
 - Interações bióticas intensas (ex.: competição e predação)
 - Nichos ecológicos estreitos
 - Elevado endemismo (espécies restritas deste bioma).

Os principais exemplos deste bioma no Brasil são:

- Amazônia: cobre cerca de 40% do território brasileiro. Seu solo é pobre em nutrientes graças a rápida degradação e reaproveitamento da matéria orgânica que nele se deposita. Ameaças a esta floresta advêm da exploração agrícola (ex.: soja), queimadas, pecuária extensiva, exploração de madeira e biopirataria.
- Mata Atlântica: Possui grande diferença topográfica e latitudinal se comparada à floresta Amazônica. A Mata Atlântica original ocupava cerca de 12% do território brasileiro e graças à expansão populacional e uso de suas áreas para o plantio de cana e café, atualmente resta somente cerca de 7% da área que era ocupada por esta floresta anteriormente.



Distribuição original da Mata Atlântica Brasileira

Outros biomas brasileiros que merecem destaque:

- **Pantanal:** Ocupando os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, estende-se ao Paraguai e Bolívia. Região plana na bacia do rio Paraguai, apresenta cheias nos meses de outubro a abril proporcionando ao Pantanal a renovação da fauna e flora local. Esse enorme volume de água, que praticamente cobre a região pantaneira, forma um verdadeiro mar de água doce onde milhares de peixes proliferam. A partir de maio inicia-se a "vazante" e as águas começam a baixar lentamente. Quando o terreno volta a secar permanece, sobre a superfície, uma fina mistura de areia, restos de animais e vegetais, sementes e húmus, propiciando grande fertilidade ao solo. Durante meses, aves e animais carnívoros (jacarés, ariranhas e outros) têm, portanto, um farto banquete à sua disposição.
- **Caatinga:** Temperatura bem elevada com pouca precipitação. Os vegetais são xerófitos com caules tortuosos e alguns com espinhos.



Ocorrência de cladódios e cutícula espessa – típicos da Caatinga

- **Mata das Araucárias:** Vegetação típica da região sul do Brasil, caracteriza-se pela presença de pinheiros em grande quantidade.
- **Restinga:** Vegetação que ocupa a planície litorânea costeira. O conjunto de fatores dessecantes aos quais as plantas estão sujeitas (ex.: salinidade, solo arenoso, ventos) favorecem a proliferação de espécies xerófitas – adaptadas à seca (cutícula espessa,

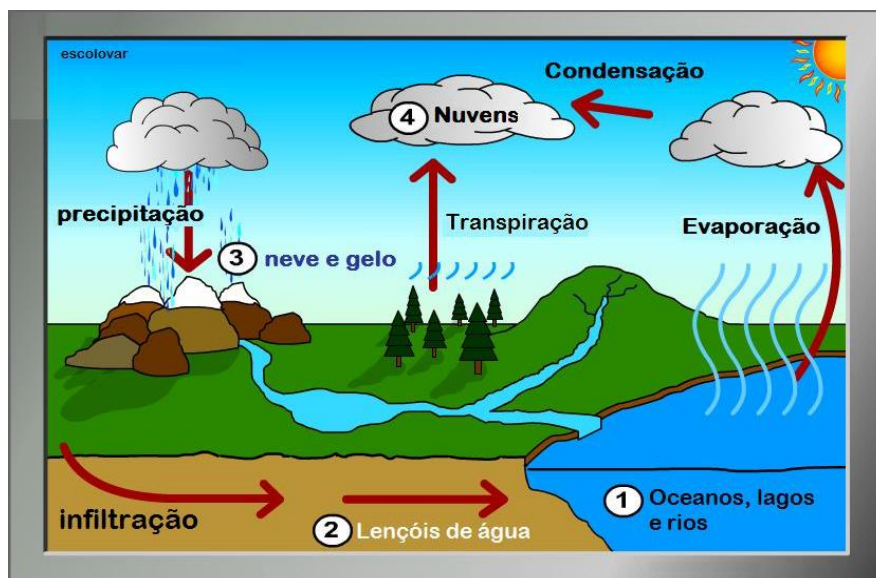
reserva de água, folhas reduzidas), como as cactáceas. Normalmente as plantas encontram-se formando moitas que evitam a exposição excessiva à desidratação.

- **Manguezais:** Para muitos ecólogos os manguezais são ecótonos, uma vez que ocorrem na área de transição entre a terra, o mar e a desembocadura de rios. Ocorrem desde o Amapá até Santa Catarina e encontram-se seriamente degradados pela ação humana. As espécies vegetais que toleram as grandes variações de salinidade e o solo lodoso deste bioma possuem adaptações para tolerar a este ecossistema transitório como raízes-escora (sustentação) e pneumatóforos com lenticelas (trocas gasosas). A presença de refúgios e abundância de alimento transformam os manguezais em importante berçário de espécies marinhas.

3. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

A bioquímica define os seres vivos como sendo seres formados basicamente de quatro elementos químicos: carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Sendo assim, estes elementos têm que estar disponíveis no ambiente para a formação das moléculas que constituem a massa biótica.

- **Ciclo da água:** A água é uma das substâncias mais importantes da natureza devido, principalmente, as suas propriedades e suas características químicas. O ciclo da água pode ser subdividido em: ciclo curto – não participam os seres vivos; e ciclo longo – seres vivos participam na reciclagem da água. A transpiração dos animais e vegetais (evapotranspiração) assim como a evaporação da água das fezes e urina e das superfícies líquidas como, rio, lagos e mares, promove o retorno da água para o ecossistema sob a forma de vapor que ao atingir as camadas mais externas da atmosfera condensa-se e se precipita sob a forma de chuva, voltando à superfície do planeta.

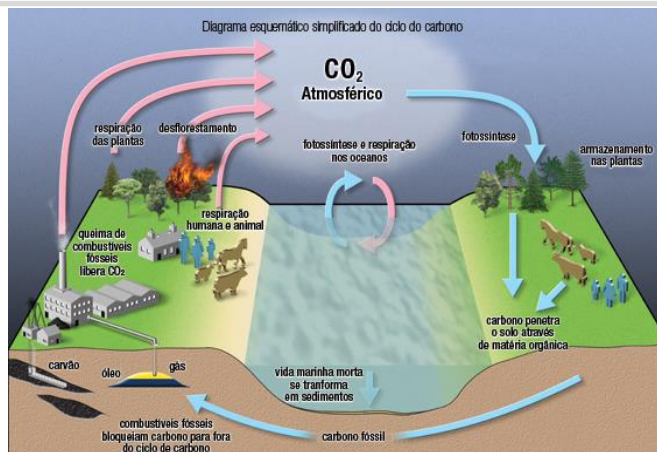


Detalhes do ciclo da água

O fenômeno El Niño

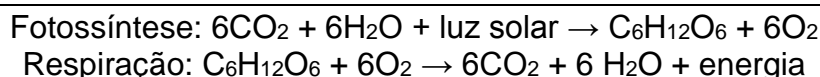
O termo El Niño foi adotado pelos pescadores peruanos e equatorianos para uma corrente oceânica quente que surge ao largo da costa destes dois países durante o natal, e pode permanecer durante vários meses. Existem evidências de que eventos El Niño estão tornando-se cada vez mais frequentes e mais longos. Nas últimas 3 décadas, foi registrado o evento mais longo, de 91 a 95, e o mais intenso do século, de 97 a 98. Neste período de 3 décadas tivemos 5 eventos, enquanto que nos 70 anos anteriores, tivemos apenas 5 eventos (WMO, 1999). O evento El Niño de 1982-1983 é considerado um dos mais intensos do século, e implicou em comportamento meteorológico anormal não apenas próximo às costas peruanas, mas em todo planeta. Este evento especial não foi prognosticado, e antes dele, os cientistas não haviam reconhecido sua importância em influenciar o clima do planeta. Na região das Ilhas Galápagos e nas costas do Equador e do Peru a temperatura do mar subiu até cerca de 8 graus. Com a elevação da temperatura ao largo de todo Pacífico entre o Chile e o Canadá, há o desaparecimento das anchovas, causando um grande impacto na indústria pesqueira peruana. Aves marinhas abandonam seus ninhos em busca de alimentos em outras regiões. Durante o evento El Niño 1982-1983, quando as condições do mar voltaram a normalidade em meados de 1983, 25% das focas e dos lobos marinhos, e todos os filhotes haviam perecido. A conexão do El Niño com outras regiões do planeta é igualmente marcante, principalmente em termos de precipitação. Seca no norte e nordeste brasileiro e inundações no sul ocorrem durante o evento El Niño. No Pacífico Oeste os tufões mudam a trajetória e chegam ao Havaí e Taiti. As chuvas de monção do Pacífico Oeste se deslocam para o Pacífico Central. Ocorrem secas na Indonésia e Austrália implicando em desastrosos incêndios florestais. Grande parte da floresta amazônica só existe devido a sua alta tolerância à seca. Mais da metade das florestas da região sofrem estiagens anuais que duram de três a cinco meses, entre julho e novembro. Mesmo após várias semanas seguidas de estiagem, continuam verdes, úmidas e resistentes ao fogo. Isto acontece porque estas florestas apresentam raízes profundas o suficiente para, durante a seca, captar água do solo que se encontra estocada a mais de 10 metros de profundidade. Mas esta resistência à seca tem o seu limite. Se a estiagem for muito prolongada, como acontece durante o El Niño, o solo profundo também ficará seco, impedindo que as raízes se abasteçam de água. Sob esta condição climática, a floresta da região, tal como a conhecemos hoje, estará sujeita a transformações que a tornarão mais seca, quente e susceptível ao fogo

- **Ciclo do Carbono:** O gás carbônico é encontrado na atmosfera em uma proporção próxima a 0,03%, apresentando ciclo biológico relativamente rápido: estima-se que a renovação do carbono atmosférico ocorre a cada 20 anos. Através do processo da fotossíntese, as plantas absorvem a energia solar e CO_2 da atmosfera, produzindo oxigênio e carboidratos (açúcares como a glicose), que servem de base para o crescimento das plantas. Os animais e as plantas utilizam os hidratos de carbono pelo processo de respiração, utilizando a energia contida nos carboidratos e emitindo CO_2 . Juntamente com a decomposição exercida por bactérias e fungos, a respiração devolve o carbono biologicamente fixado nos reservatórios terrestres para a atmosfera.

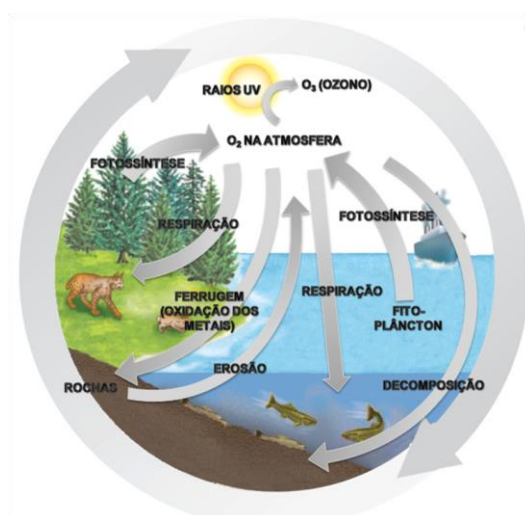


Detalhes do ciclo do carbono

As equações químicas que regem estes dois processos de suma importância ao ciclo do carbono e oxigênio são:



- **Ciclo do Oxigênio:** O oxigênio é o elemento mais abundante em massa na crosta terrestre e nos oceanos e o segundo na atmosfera participando não somente da composição da água e do gás carbônico, mas também de numerosos compostos orgânicos e inorgânicos. O oxigênio molecular (O₂) compõe cerca de 20% da atmosfera terrestre. Esta forma de oxigênio é fundamental aos seres vivos, pois permite sua respiração celular e é repostado na atmosfera principalmente através da atividade fotossintetizante de algas e plantas. O O₂ produzido pela atividade fotossintetizante pode também participar da formação do ozônio (O₃), que se encontra na estratosfera, a mais de 30 km de altitude sobre o nível do mar.



Fotossíntese e a respiração permitem a interação entre os ciclos do carbono, oxigênio e água

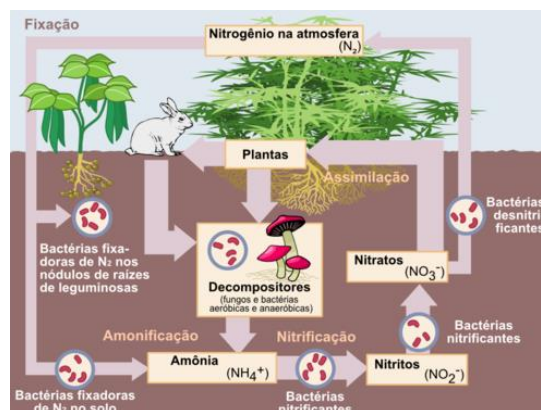
- **Ciclo do Nitrogênio:** O nitrogênio é um gás que ocorre na atmosfera na proporção aproximada de 79%. Embora o nitrogênio gasoso seja o gás mais abundante da atmosfera,

ele não pode ser utilizado de forma direta pelos seres vivos. O nitrogênio é um elemento essencial à formação dos aminoácidos (proteínas) e ácidos nucleicos (patrimônio genético dos seres vivos), logo todos os seres vivos dependem de forma direta ou indireta de sua biofixação, processo realizado especialmente por bactérias e cianobactérias. Bactérias fixadoras de N_2 podem viver de forma livre no solo (ex.: *Azotobacter*) ou associadas a raízes de leguminosas como a soja e o feijão formando as chamadas bacteriorrizas (ex.: *Rhizobium*), ambas formam amônia (NH_3) a partir do N_2 atmosférico. Embora algumas plantas utilizem diretamente a amônia (NH_3), a maior parte delas depende da sua transformação em nitrito (NO_2) e depois em nitrato (NO_3), pela ação das bactérias nitrificantes (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*). Essas bactérias são autótrofas quimiossintetizantes, que utilizam a energia da nitrificação para a síntese de suas substâncias orgânicas.

O nitrato absorvido pelos vegetais é utilizado na síntese de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. Essas substâncias são transferidas direta ou indiretamente para os animais, ao longo das cadeias alimentares.

O nitrogênio deixa o corpo dos organismos por dois processos: excreção de produtos nitrogenados e/ou decomposição dos organismos mortos. Este processo de degradação de substâncias nitrogenadas, bem como dos organismos mortos, transformando-as em amônia é denominado amonificação ou mineralização.

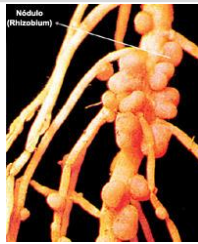
Parte do nitrato liberado no processo de nitrificação pode ser aproveitado por bactérias, como a *Pseudomonas denitrificans*. Estas bactérias retiram em condições anaeróbias o O_2 de moléculas de nitrato, utilizando-o em seu metabolismo. O N_2 é gerado como resto neste processo denominado desnitrificação, sendo devolvido à atmosfera.



Detalhes do ciclo do nitrogênio

Em função da associação de leguminosas com bactérias *Rhizobium*, essas plantas são de suma importância nos seguintes processos:

- Alimentação, consistindo uma importante fonte de proteínas
- Rotação de culturas, associadas em períodos alternados com outras culturas
- Recuperação de solos degradados



Nódulos das raízes das leguminosas contendo bactérias *Rhizobium*

4. DESEQUILÍBRIO ECOLÓGICO

O planeta Terra tem aproximadamente 4,5 bilhões de anos, e a vida na Terra existe a cerca de 3,5 bilhões de anos. O ser humano ocupa a superfície do planeta a somente 3 milhões de anos, e historicamente vem vivendo em equilíbrio com as demais formas de vida. Apenas nos últimos 200 anos, o homem a população humana cresceu mais e modificou mais o planeta do que nos 12.000 anos anteriores.

Chama-se poluição a presença de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos em quantidade superior a capacidade que o ambiente tem de absorvê-los ou inativá-los, e que podem gerar prejuízo ao funcionamento do meio ambiente, degradação estética ou dano ao bem-estar e à saúde dos seres vivos. Relaciona-se ainda com a presença de microrganismos causadores de doenças como vírus e bactérias, ou com a emissão de calor, som e luz. Descreveremos abaixo os principais impactos ambientais associados à ação antropogênica sobre a atmosfera e os cursos d'água:

- **Superaquecimento global (efeito estufa)**

De toda a energia que o Sol envia para o nosso planeta, cerca de 50% é refletida pelas gotículas de água da atmosfera. Dos 50% restantes, cerca de 2% são utilizados na fotossíntese e cerca de 48% servem para aquecer a superfície do planeta. Esta, uma vez aquecida, libera calor sob a forma de calor sensível que em grande parte, é retido pela atmosfera.

Os principais gases atmosféricos são o Nitrogênio (N_2) e o Oxigênio (O_2) que, juntos, compõem cerca de 99% da atmosfera. Alguns outros gases encontram-se presentes em pequenas quantidades, incluindo os conhecidos como gases estufa. Dentre estes gases, estão o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e também o vapor d'água. Esses gases são denominados gases estufa por terem a capacidade de reter o calor na atmosfera, do mesmo modo que o revestimento de uma estufa para cultivo de plantas.

O efeito estufa é um fenômeno natural e fundamental à vida, uma vez que reduz as variações térmicas entre estações e ao longo do dia, contudo, devido à quantidade com que é emitido, o CO_2 vem contribuindo cada vez mais com um quadro de superaquecimento global. Apesar das incertezas sobre o papel humano no aquecimento global, pode ser obtida uma conclusão importante e quantificável: as atividades humanas influenciam o ciclo global do carbono. Ao retirar carbono armazenado nos depósitos de combustíveis fósseis a uma taxa muito superior à da absorção do carbono pelo ciclo, as atividades humanas estão a potencializar o aumento das concentrações de CO_2 na atmosfera e, muito provavelmente, influenciando o sistema climático global.



Como consequências do superaquecimento global podem ser destacadas:

- Oceanos e áreas litorâneas: O nível do mar deverá subir entre aproximadamente 10 e 90 cm até o ano 2100, o que implicaria no desaparecimento de muitas ilhas (em alguns casos países inteiros) e várias áreas costeiras, além de causar enchentes e erosão.
- Recursos hídricos: Ocorrerão mudanças no regime das chuvas, onde áreas áridas poderão se tornar ainda mais secas. Poderá ocorrer também o avanço de água salgada nas áreas de foz de rios, além de escassez de água potável. No nordeste brasileiro, por exemplo, as chuvas poderão diminuir em até 25%.
- Diversidade biológica: A composição e a distribuição de espécies poderão ser alteradas com prejuízos diretos para a biodiversidade. O ártico já perdeu 6% de sua superfície de gelo entre 1978 e 1996.
- Agricultura: Nas regiões subtropicais e tropicais a mudança nas condições climáticas poderá modificar significativamente a vocação agrícola de uma região; na medida em que a temperatura mudar, algumas culturas e zonas agrícolas migrarão para regiões com clima mais temperado, ou com maior nível de umidade no solo.
- Saúde e bem-estar da população humana: Deverá haver aumento na frequência de doenças relacionadas ao calor, e naquelas que são transmitidas por mosquitos (ex.: malária, dengue). Acrescenta-se a isso a possibilidade de ocorrer o deslocamento da população humana em função das alterações no clima.

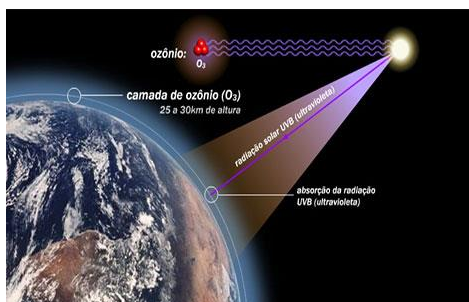
Algumas atitudes podem ser tomadas para evitar e diminuir suas consequências, onde se destacam:

- O uso de fontes alternativas de combustíveis como a energia solar, eólica ou mesmo os biocombustíveis como o biodiesel e o etanol.
- Promover o reflorestamento, aumentando a fixação fotossintética de carbono.

- **Buraco na camada de ozônio:**

A camada de ozônio é uma camada produzida naturalmente nas regiões mais externas da atmosfera que protege a Terra da radiação ultravioleta emitida pelo Sol. Substâncias químicas voláteis como o CFC (clorofluorcarbono) danificam esta camada, permitindo que uma maior quantidade de radiação chegue à superfície do nosso planeta.

Depois de liberados no ar, os CFCs (usados como propelentes em aerossóis, como isolantes em equipamentos de refrigeração e para produzir materiais plásticos) levam cerca de oito anos para chegar à estratosfera onde, atingidos pela radiação ultravioleta, se desintegram e liberam cloro. Por sua vez, o cloro reage com o ozônio que, conseqüentemente, é transformado em oxigênio (O_2). O problema é que o oxigênio não é capaz de proteger o planeta dos raios ultravioleta. Uma única molécula de CFC pode destruir 100 mil moléculas de ozônio.

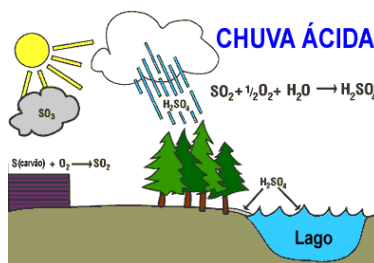


Ação da camada de ozônio na filtração dos raios uv

Dentre as principais conseqüências destacam-se o aumento dos casos de câncer de pele e de catarata, além de impedir o desenvolvimento de plantas e do fitoplâncton.

• Chuva ácida:

A denominação chuva ácida é concedida a toda chuva que possui um valor de pH abaixo de 4,5 unidades. Esta acidez da chuva é causada pela solubilização de alguns gases presentes na atmosfera terrestre cuja hidrólise seja ácida. Entre estes destacam-se os gases contendo enxofre (SO_2) e nitrogênio (NO , NO_2 e N_2O), proveniente das impurezas da queima dos combustíveis fósseis.



Formação da chuva ácida

As principais conseqüências da chuva ácida incluem:

- Desfoliação de árvores
- Acidificação dos solos (prejudicando a agricultura e os ecossistemas naturais) e corpos d'água.
- Corrosão de estruturas metálicas
- Degradação de esculturas e monumentos em mármore
- Problemas respiratórios na população

A diminuição da precipitação ácida pode ser feita através de filtros colocados nas chaminés de fábricas e nas descargas de automóveis, reduzindo assim as emissões desses óxidos à atmosfera.

- **Eutrofização artificial:**

A eutrofização artificial é um processo de degradação que ocorre a partir da deposição de nutrientes inorgânicos (principalmente fosfato e nitrato) ou dejetos orgânicos em corpos d'água. O aumento da matéria orgânica (ex.: detergentes e saponáceos, esgoto doméstico e restos alimentares) acelera a proliferação de microrganismos decompositores aeróbicos. Com o aumento desses organismos é elevada a demanda bioquímica por oxigênio (DBO), e conseqüentemente, é diminuída drasticamente a quantidade de oxigênio dissolvido na coluna d'água.

A baixa oxigenação acarreta intensa mortalidade dos seres aeróbicos (inclusive os decompositores), permitindo neste estágio a proliferação somente dos microrganismos decompositores anaeróbicos. O aporte de nutrientes inorgânicos (ex.: fertilizantes) ou mesmo os nutrientes gerado a partir da decomposição da matéria orgânica podem favorecer a proliferação de seres autotróficos fotossintetizantes como as cianobactérias, algas e macrófitas (ex.: aguapé e gigoga). A presença excessiva destes seres em corpos d'água indicam usualmente sua contaminação por esgoto e microrganismos patogênicos, sendo estas algas e plantas importantes bioindicadores de poluição.



Todo ano vemos nos noticiários grande mortandade de peixes como consequência da eutrofização

- **Magnificação trófica:**

Diferentemente da eutrofização, o acúmulo de poluentes não biodegradáveis em corpos d'água promove seu acúmulo ao longo dos níveis tróficos de uma cadeia alimentar assumindo maiores concentrações em seus predadores de topo. Este processo denominado bioacumulação, biomagnificação ou magnificação trófica é bastante comum devido ao uso de mercúrio em garimpos, outros metais pesados (ex.: níquel e cádmio de baterias), inseticidas organoclorados (DDT) e organofosforados.

Organismos filtradores como crustáceos e moluscos podem apresentar alta concentração destas toxinas, bem como de microrganismos patogênicos (ex.: vibrião colérico) pois a grande circulação de água pelo seu corpo favorece a retenção destes compostos.

- **Poluição por petróleo (maré negra):**

Os derramamentos de petróleo no mar são causados principalmente por acidentes com navios petroleiros, acidentes com plataformas de petróleo e pela água usada na lavagem dos reservatórios de petróleo nos navios e lançada diretamente no mar.

Este impacto ambiental denominado maré negra, possui efeitos altamente destruidores:

-
- Diminuição da penetração luminosa e, conseqüentemente, menor taxa de fotossíntese
 - Elevada mortalidade da fauna (aves marinhas, peixes, moluscos, crustáceos, etc.)
 - Diminuição das trocas gasosas ar-água
 - Diminuição das trocas gasosas entre as brânquias e o meio.
 - Remoção da impermeabilização de aves marinhas.

Origem da Vida e Evolução

1. ABIOGÊNESE X BIOGÊNESE

Desde que o homem toma consciência da complexidade da vida, ele passa a elaborar explicações sobre a sua origem, bem como sobre a forma de sua propagação em nosso planeta. Por muito tempo as hipóteses sobre a origem da vida situavam-se no terreno do lendário e do fantástico. Uma das primeiras hipóteses para explicar a origem da vida foi a da geração espontânea ou abiogênese.

1.1. Geração espontânea ou abiogênese

Aristóteles, um dos primeiros a defender esta hipótese há mais de dois mil anos, supunha a existência de um "princípio ativo" dentro de certas porções da matéria inanimada. Esse mesmo princípio organizador também tornaria possível que seres vivos completamente formados eventualmente surgissem a partir da "matéria bruta".

A ideia de Aristóteles e muitos colegas era baseada em observações (descuidadas, sem rigor científico) de alguns animais aparentemente surgirem de matéria em putrefação, ignorando a preexistência de ovos ou mesmo de suas larvas. Hoje é estranho aceitar a possibilidade destes fatos, mas lembre-se que isso antecedeu o desenvolvimento do método científico, não havendo preocupação em certificar-se de que as observações realmente correspondessem ao que se supunha serem fatos, levando a falsas conclusões.

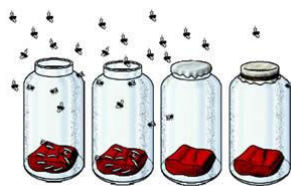
Essas ideias sobre abiogênese eram aceitas comumente até cerca de dois séculos atrás. Observe alguns exemplos típicos dessa hipótese:

- Algumas árvores costeiras podem originar gansos.
- Algumas árvores davam frutos similares a melões, no entanto contendo carneiros completamente formados em seu interior.
- No século XVI, Paracelso, descreveu diversas observações acerca da geração espontânea de diversos animais, como sapos, ratos, enguias e tartarugas, a partir de fontes como água, ar, madeira podre, palha, entre outras.
- Moscas eram originadas da matéria bruta do lixo.
- Camundongos surgem continuamente da lama do Rio Nilo, ou a partir de uma blusa suada e sementes de trigo (permitem a criação de camundongos em 21 dias quando colocadas em um canto escuro).

1.2. Biogênese

Em meados do século XVII a hipótese da geração espontânea começou a ser contestada. Foram necessários inúmeros ataques à abiogênese para que ela fosse se tornando gradualmente mais fraca.

O primeiro passo na refutação científica da abiogênese aristotélica foi dado pelo italiano Francesco Redi, que em 1668, provou que larvas não nasciam em carne que ficasse inacessível às moscas, protegidas por telas, de forma que elas não pudessem botar lá seus ovos. Hipotetizou que o que aparentava ser geração espontânea na verdade era oriundo de ovos serem depositados por moscas no material em putrefação. Seu experimento limitava as variáveis de forma cuidadosa, deixando metade dos frascos tampados e outra metade destampada.



O experimento de Redi tentava comprovar a biogênese

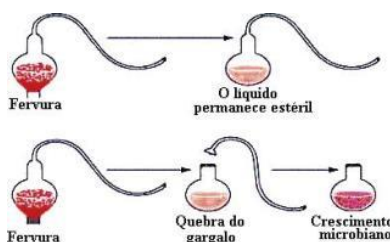
Após a descoberta do microscópio dar um novo fôlego à abiogênese (era inconcebível que os micro-organismos também pudessem reproduzir), John Needham, em 1745, corroborou com a teoria da geração espontânea colocando sucros nutritivos em tubos de ensaio e lhes aplicando sucessivos aquecimentos. Após alguns dias Needham observava o reaparecimento dos micróbios e defendia de forma veemente a abiogênese.

Lazzaro Spallanzani, em 1768, criticou duramente a teoria e os experimentos de Needham. Fazendo o mesmo experimento, mas aplicando fervura durante uma hora, após dias não se encontrava qualquer sinal de vida. Novamente a falta de um método científico controlado parecia ser a explicação de porque a abiogênese permanecia tão forte.

Needham replicou, sugerindo que ao aquecer os líquidos a temperaturas muito altas, Spallanzani estaria destruindo ou enfraquecendo o "princípio ativo". A hipótese de abiogênese continuava sendo aceita pela opinião pública, mas o trabalho de Spallanzani pavimentou o caminho para Louis Pasteur.

Louis Pasteur, em 1862, foi quem derrubou definitivamente a ideia da abiogênese, com a utilização de uma vidraria chamada **pescoço de cisne**. Pasteur colocou um caldo nutritivo em um balão de vidro, de pescoço comprido. Em seguida, aqueceu e esticou o pescoço do balão, curvando sua extremidade, de modo que ficasse voltada para cima. Ferveu o caldo existente no balão, o suficiente para matar todos os possíveis microrganismos que poderiam existir nele. Cessado o aquecimento, vapores da água proveniente do caldo condensaram-se no pescoço do balão e se depositaram, sob forma líquida, na sua curvatura inferior.

Como os frascos ficavam abertos, não se podia falar da impossibilidade da entrada do "princípio ativo" do ar. Com a curvatura do gargalo, os microrganismos do ar ficavam retidos na superfície interna úmida e não alcançavam o caldo nutritivo. Quando Pasteur quebrou o pescoço do balão, permitindo o contato do caldo existente dentro dele com o ar, constatou que o caldo se contaminou com os microrganismos provenientes do ar.



Pasteur comprovou a biogênese e criou um método eficaz de esterilização utilizado até hoje na medicina e indústria alimentícia (pasteurização).

A partir da comprovação da Biogênese emerge uma nova questão: “Se todos os seres vivos surgem a partir da reprodução de outros seres vivos, como surgiram os primeiros seres vivos?”.

2. HIPÓTESE HETEROTRÓFICA (ou clássica) DA ORIGEM DA VIDA (Oparin e Haldane)

A partir dos experimentos de Pasteur, os cientistas passaram a crer que a origem da vida no planeta só pôde ter surgido graças as condições muito especiais existentes nos primórdios da história do nosso planeta. A descoberta da composição química das atmosferas dos planetas exteriores, contendo **hidrogênio**, **metano** e **amônia**, gases constituídos pelos mesmos elementos que os compostos orgânicos que integram os seres vivos, sugeriu a Oparin, um dos primeiros pesquisadores a se dedicarem a esta questão, que também nosso planeta poderia ter tido uma atmosfera com composição semelhante.

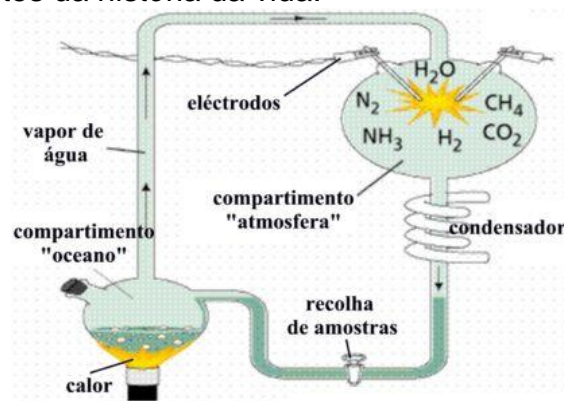
Não conteria, por conseguinte, oxigênio, que poderia causar a decomposição dos compostos orgânicos por oxidação. Mais tarde Haldane aperfeiçoou o modelo sugerindo que, sob ação de relâmpagos ou da radiação ultravioleta estes compostos seriam formados na atmosfera e carregados pelas chuvas aos oceanos, que passariam a ter as características de uma “sopa primitiva”.



As moléculas orgânicas depositadas nos mares primitivos ou se depositam ou se agregam em suspensão por forças de afinidade elétrica – formam-se assim os **coacervados**. Estes agregados possuem um grande número de moléculas rigidamente unidas e isoladas do ambiente por uma película superficial de água. Desse modo os coacervados adquirem sua individualidade.

Com o surgimento de características inerentes aos seres vivos como proteínas catalíticas (**enzimas**), **protogenes** (ácidos nucleicos), **membrana** lipídica e a capacidade de **multiplicação** teriam surgido os **primeiros seres vivos**.

Estas formulações ganharam muita credibilidade depois que em 1953, Stanley Miller, conseguiu obter, num histórico experimento, uma variedade de aminoácidos. Atualmente esta hipótese é bastante contestada, nem a composição atmosférica utilizada é atualmente considerada plausível sob um ponto de vista geoquímico, nem os resultados obtidos parecem próximos de elucidar os possíveis passos subsequentes da história da vida.



Experimento de Fox e Miller

Para sobreviver num ambiente primordial seria necessário que estes organismos primitivos fossem capazes de sintetizar seus próprios nutrientes (isto é, seriam autotróficos), ou dispusessem de uma fonte externa de compostos orgânicos (neste caso seriam heterotróficos). A

maior complexidade dos organismos autotróficos, que devem ser capazes tanto de produzir quanto de consumir seu alimento, sugeriu aos cientistas das primeiras décadas do século 20 que a Terra primitiva teria sido um ambiente rico em compostos orgânicos, que eram consumidos anaerobicamente – **FERMENTAÇÃO**, pelos primeiros organismos existentes (**hipótese heterotrófica**).

De acordo com essa hipótese após o surgimento dos fermentadores, em dado momento o alimento passaria a se tornar escasso, o que ocasionaria um declínio dos seres heterótrofos. O surgimento ao acaso de um primeiro ser autótrofo favoreceria a sobrevivência dos heterótrofos, bem como iniciaria a modificação da atmosfera com a liberação do gás oxigênio (O₂) que posteriormente poderia ser utilizado pelos primeiros organismos aeróbios.

A descoberta, em 1979, da Fossa das Galápagos, um rico ecossistema alimentado por compostos provenientes da atividade hidrotermal e, portanto, independente dos processos fotossintéticos, serviu de base à hipótese de uma origem **quimiossintética autotrófica** para a vida.

3. FIXISMO X EVOLUCIONISMO

Antigamente acreditava-se que os organismos das diferentes espécies de seres vivos eram permanentes, perfeitas e imutáveis e que foram originadas independentemente umas das outras. De acordo com este princípio as espécies permaneceram imutáveis desde que partiram das mãos do criador – esta hipótese pode ser chamada de **Fixismo** (Criacionismo).

Em contraposição ao fixismo (criacionismo), no século XIX surgem vários pesquisadores que defendem o que ficou conhecido como **Evolucionismo**. O Evolucionismo defende que os seres vivos que existem atualmente na Terra são resultado da modificação de seres vivos que existiram no passado. As espécies de seres vivos relacionam-se umas com as outras e se alteram ao longo do tempo. O conceito mais recente de evolução é que esta é um processo de mudança nas frequências gênicas ao longo do tempo. Como todas as populações possuem frequências gênicas variáveis, este último conceito pode ser facilmente testado em populações naturais.

São descritas a seguir as principais evidências da evolução:

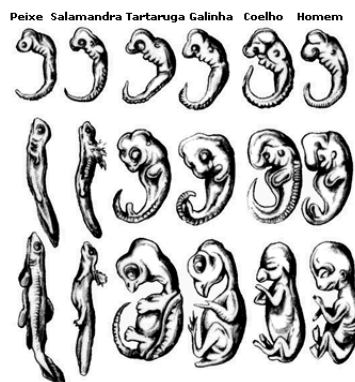
→ **Estudo dos fósseis:** qualquer indício da presença de organismos que viveram na Terra em épocas remotas é considerado fóssil. As partes duras do corpo dos organismos são as que são mais facilmente fossilizadas, mas partes moles também podem ser fossilizadas (ex.: mamutes na Sibéria e insetos no âmbar). Existem diversas formas de fossilização, entretanto para que qualquer uma delas ocorra é necessário que os restos do organismo sejam soterrados rapidamente antes de sua destruição. A exposição ao ar e aos agentes do tempo, bem como a ação de necrófagos (seres que se alimentam de cadáveres) e decompositores (bactérias e fungos), acabam destruindo o que sobrou em pouco tempo. Em virtude da exigência destas condições especiais, o registro fóssil não é contínuo temporalmente.



Archaeopteryx possui características de répteis e aves

→ **Órgãos vestigiais:** órgãos vestigiais são aqueles que em alguns organismos encontram-se com tamanho e função reduzidos, mas em seus ancestrais apresentavam-se mais desenvolvidos e funcionais. A principal importância evolutiva destes órgãos é a indicação do parentesco evolutivo entre as espécies. No homem são exemplos de órgão vestigiais o cóccix – vértebras concrecidas que representam um vestígio de cauda; e o apêndice cecal – no homem o apêndice é vermiforme e possui uma função imunitária secundária bastante tênue, em outros mamíferos herbívoros (ex.: coelho), o apêndice desenvolvido é um importante sítio para abrigar micro-organismos que digerem a celulose, consistindo em importante adaptação à herbivoria.

→ **Embriologia comparada:** a comparação do desenvolvimento embrionário dos diversos grupos animais permite analisar as semelhanças no seu padrão de desenvolvimento, estabelecendo o grau de parentesco entre eles. Exemplos importantes são os folhetos embrionários, o celoma e o blastóporo – características importantes no estudo da evolução animal; a presença de cauda, fendas branquiais e notocorda em todos os cordados; a análise do desenvolvimento embrionário cardíaco e renal dentre outros.



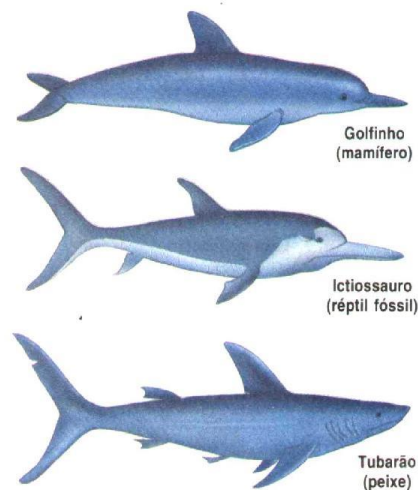
O início do desenvolvimento embrionário dos vertebrados possui muitas semelhanças

→ **Evidências moleculares:** sabemos que todos os seres vivos celulares possuem o material genético armazenado na forma de DNA. Modificações nesses ácidos nucleicos foram fundamentais à evolução, desta forma a comparação dos ácidos nucleicos, e até mesmo das proteínas, podem ser importantes ferramentas para o estabelecimento das relações filogenéticas entre os seres vivos. Atualmente, taxas de mutações nas sequências do DNA genômico e das organelas (mitocôndrias e cloroplastos) vêm sendo utilizadas no entendimento das relações evolutivas entre os organismos.



Homem e chimpanzé compartilham mais de 98% do seu DNA

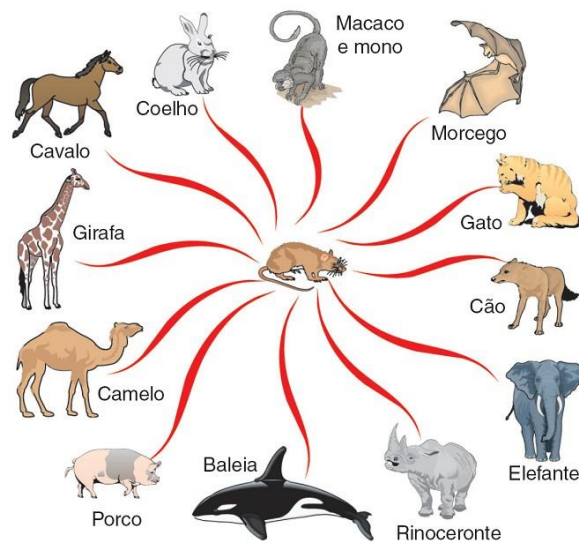
→ **Analogia e Homologia:** No estudo comparativo dos seres vivos existem diferentes tipos de semelhança estrutural. Esses órgãos podem ser classificados como análogos ou homólogos. Estruturas **análogas** são aquelas que desempenham funções comuns, sendo resultado da seleção natural em duas espécies não aparentadas em condições ambientais semelhantes. Embora exerçam uma mesma função, não derivam de um ancestral comum. As estruturas análogas derivam de um processo denominado **convergência evolutiva**, que ocorre quando grupos não aparentados se assemelham em função da adaptação a uma mesma condição ecológica. A convergência evolutiva **NÃO** é um indicativo de parentesco entre as espécies.



EVOLUÇÃO CONVERGENTE

A forma hidrodinâmica surge de maneira independente em diferentes grupos de vertebrados

Estruturas **homólogas** são aquelas que derivam de um mesmo ancestral, podendo realizar a mesma função ou não, ou seja, podem não possuir a mesma função, mas apresentam a mesma origem evolutiva. Uma vez que o ancestral das espécies que possuem essa estrutura é comum, dizemos que o processo evolutivo que a gerou foi uma **irradiação adaptativa** (divergência evolutiva), no qual uma espécie ancestral origina diversas novas espécies através do acúmulo de mutações e da seleção natural diferenciada. A irradiação adaptativa é um importante indicativo do parentesco entre espécies.



Um mamífero ancestral originou por irradiação adaptativa todas as espécies atuais desta classe

4. PRINCIPAIS HIPÓTESES EVOLUCIONISTAS

O Evolucionismo, enquanto ciência, busca desvendar os processos de modificação de seres vivos ao longo do tempo que permitiram e continuam atuar na sua diversificação biológica. Historicamente, a evolução começou a ser defendida a partir do século XIX. Segue-se abaixo a descrição das principais hipóteses/teorias evolucionistas:

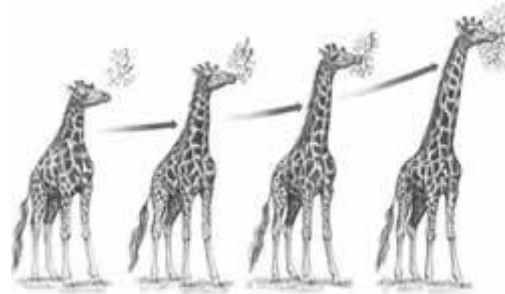
4.1. Lamarckismo

Jean-Baptiste de *Lamarck* é considerado o verdadeiro fundador do evolucionismo, elaborando uma teoria que considera a ação evolutiva das circunstâncias ambientais a causa da variabilidade existente nos organismos vivos. Sua contribuição ao estudo da evolução pode ser resumida em duas leis:

- . **Lei do uso e desuso:** O uso de um dado órgão leva ao seu desenvolvimento e o desuso de outro conduz à sua atrofia ou mesmo ao desaparecimento.
- . **Lei da transmissão dos caracteres adquiridos:** As modificações adquiridas através do uso e desuso são transmitidas às gerações seguintes.

Embora não tenha utilizado em seus exemplos a evolução do pescoço das girafas, este exemplo é bastante didático na representação das ideias lamarckistas:

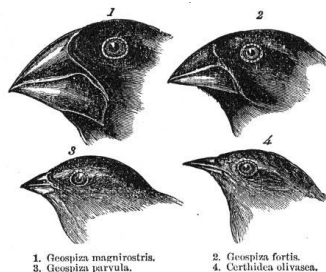
- A) Variações do meio ambiente levam o indivíduo a sentir necessidade de se lhe adaptar. A falta de alimento, a busca por mais parceiras ou mesmo o escape de predadores pode ter levado a girafa a desenvolver seu pescoço (lei do uso e desuso);
- B) O pescoço alongado foi transmitido aos descendentes (lei da transmissão dos caracteres adquiridos).



4.2. Darwinismo

Charles Darwin, filho de uma família abastada e com enorme interesse na natureza, ganhou aos 22 anos da Real Coroa Inglesa uma viagem de 5 anos no navio cartográfico *Beagle*. Darwin era então fixista, acreditando que todas as plantas e animais tinham sido criadas por Deus tal como se encontravam. Podemos destacar como “influências” das ideias de Darwin:

- Charles Lyell, devido à sua lei do uniformismo e a idade da Terra, mostrou a Darwin que o mundo vivo poderia ter tido tempo para sofrer alterações muito graduais.
- Diversidade. Indivíduos de uma mesma espécie podem apresentar muitas diferenças entre si. Tal fato tornou-se aparente na sua viagem a Galápagos.
- Seleção artificial, um aspecto do qual Darwin tinha experiência pessoal, devido a ser um conceituado criador de pombos.
- Thomas Malthus, no seu trabalho *Essai sur la population*, considerou que a população humana cresce muito mais rapidamente que os meios de subsistência, pois a população cresce geometricamente e os alimentos crescem aritmeticamente. Darwin aplicou-a a populações naturais, onde existiria uma “luta pela vida”: um ambiente finito, com recursos finitos, não pode sustentar um número infinito de indivíduos.



Tentilhões de Galápagos tiveram a variação de seu bico selecionada em função dos alimentos disponíveis em suas ilhas

Darwin publicou a sua grande obra “*A origem das espécies*” em 1859, onde descrevia a **teoria da seleção natural**, a qual pode ser resumida da seguinte forma:

- Existe variação entre os indivíduos de uma dada população;
- Cada população tem tendência para crescer exponencialmente, se o meio o permitir, levando à superprodução de descendentes;
- O meio não suporta tantos descendentes logo se desencadeia uma luta pela sobrevivência entre os membros da população;

- Indivíduos com caracteres que lhes confirmam uma vantagem competitiva num dado meio e tempo sobrevivem mais e reproduzem mais - reprodução diferencial -, enquanto os restantes são eliminados, não se reproduzindo – sobrevivência do mais apto;
- Por reprodução diferencial, as características da população vão mudando ao longo do tempo de forma lenta e gradual.

Analise a evolução do pescoço das girafas, de acordo com a teoria da seleção natural, confrontando-a com as ideias lamarckistas expostas acima.

- A) Em uma população de girafas existem indivíduos de pescoço maior e menor.
 B) Com a escassez de alimentos somente as girafas de pescoço mais longo sobrevivem e reproduzem transmitindo essa característica à prole (**reprodução diferencial**).
 C) Ao longo do tempo a população passa a ser formada apenas por indivíduos de pescoço longo (**seleção natural**).

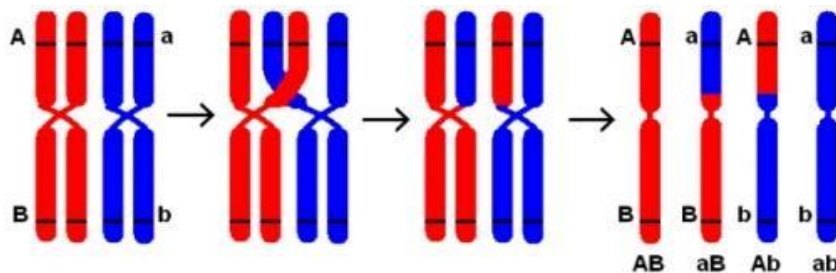
4.3. Neodarwinismo, teoria moderna ou sintética da evolução:

Embora Darwin estivesse correto na sua teoria da seleção natural, seu principal ponto fraco consistia na explicação da origem e da transmissão das variações que se verificam entre os indivíduos de uma mesma espécie. A partir de 1930 os investigadores combinaram as ideias de Darwin com as novas descobertas da citologia, genética, bioquímica etc.. O resultado foi o surgimento de uma teoria denominada **teoria sintética da evolução** ou **Neodarwinismo**, que combina as causas da variabilidade genética com os seus mecanismos de perda.

4.3.1. Mecanismos de origem da variabilidade

Mutações: As mutações, gênicas e cromossômicas, são alterações na sequência nucleotídica (estrutura) e no arranjo dos genes ao longo do cromossomo, respectivamente. Embora as mutações sejam sempre importantes, esses erros no DNA usualmente tendem a se acumular mais ao longo do tempo quando são **gênicas, suaves** (passam mais facilmente pelo crivo da seleção natural) e nas **células reprodutivas** (somente estas são herdáveis).

Recombinação Gênica: Processos nos quais há a formação de novas combinações entre os genes já existentes. As principais formas de recombinação gênica são a **reprodução sexuada, divisão meiótica** (separação dos cromossomos homólogos e crossing-over ou permutação) e **migração**.



O crossing-over ou permutação (troca de segmentos entre cromossomos homólogos) gera novas combinações gênicas na meiose.

4.3.2. Mecanismos de perda da variabilidade

Seleção natural: Através da ação restritiva do meio ambiente, indivíduos portadores de mutações deletérias tendem a ser eliminados, reduzindo a variabilidade genética da população.

Seleção artificial: Como o nome indica, é determinada pela intervenção humana nos ecossistemas e na reprodução dos organismos, sejam eles animais ou vegetais. O homem atua como agente seletivo, “escolhendo” os indivíduos que sobrevivem e os que são eliminados. Deste modo, controlando os indivíduos que se reproduzem, condiciona-se o patrimônio genético das gerações futuras, bem como a sua evolução.



Diferentes linhagens de cenoura selecionadas artificialmente

Deriva gênica: É um processo casual, atuante sobre as populações, modificando a frequência dos alelos e a predominância de certas características na população. É mais frequente ocorrer em populações pequenas e as alterações induzidas poderão não ser adaptativas. Desastres ambientais, meteoros e outros cataclismos podem promover grande redução no número de indivíduos na população e os indivíduos restantes, não necessariamente mais aptos, permitirão um novo crescimento populacional.



Repare que o acaso pode diminuir a variabilidade de populações pequenas.

5. ESPECIAÇÃO

O termo “espécie” vem do latim *species* e significa tipo, qualidade. No século XVIII, Lineu empregou pioneiramente o termo espécie para designar cada conjunto de seres vivos em que indivíduos têm grandes semelhanças físicas, apresentando um padrão morfológico comum ao grupo. O zoólogo alemão Ernst Mayr (1904) é considerado o pai do conceito biológico de espécies, segundo ele: **“espécies são populações naturais que podem se intercruzar, podem trocar genes entre si, mas que estão geneticamente isolados de outros grupos”**.

Na natureza, indivíduos de espécies diferentes dificilmente se acasalam, quando isso acontece são formados **híbridos**, que ou morrem precocemente ou são estéreis (não conseguem ter filhos).

O cruzamento do jumento (*Equus asinus*) com a égua (*Equus caballus*) origina a mula, animal híbrido de elevado vigor físico e importante papel na vida do homem do campo. Como o número de cromossomos do jumento é $2n=62$ cromossomos e o da égua é de $2n=64$ cromossomos, cada célula somática da mula possui $2n=63$ cromossomos. O cromossomo não pareado das mulas acaba dificultando a meiose I, o que inviabiliza sua produção de gametas.



O zedonk é formado pelo acasalamento da zebra com o burro

O conceito proposto por Mayr tem limitações: não se aplica a espécies de reprodução assexuada (ex.: bactérias e vírus) ou fósseis. Nesses casos são aplicados critérios morfológicos, fisiológicos, bioquímicos ou genéticos na tentativa de estabelecer as relações de parentesco entre eles.

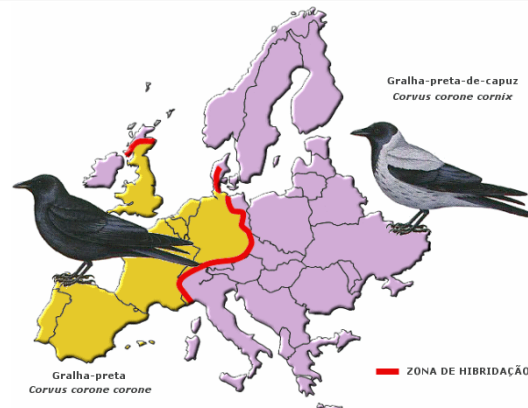
A especiação normalmente ocorre de forma lenta e gradual, podendo ocorrer das seguintes formas a seguir descritas:

→ **Especiação alopátrica:** Também conhecida como especiação geográfica, é o fenômeno que acontece quando grandes populações biológicas ficam fisicamente isoladas por uma barreira geográfica e ao longo de um grande período de tempo adquirem isolamento reprodutivo, de forma que não há mais fluxo gênico entre os indivíduos das espécies distintas, de tal modo que depois da barreira desaparecer, indivíduos das populações já não se poderem cruzar.

Na especiação alopátrica espera-se a ocorrência sequencial dos seguintes eventos:

- Surgimento de uma barreira geográfica.
- Acúmulo de mutações e seleção natural diferenciada ao longo do tempo.
- Desaparecimento da barreira geográfica com novos encontros entre os indivíduos.
- Indivíduos de grupos distintos não reproduzem ou, caso a reprodução ocorra, a prole é estéril.

Caso as diferenças genéticas encontradas entre os grupos sejam significativamente maiores do que as encontradas entre os indivíduos do mesmo grupo, mas mesmo assim ainda houver **fluxo gênico** entre eles (**prole fértil**), podemos afirmar que foram formadas subespécies (raças) diferentes. Na espécie humana não existem raças distintas, uma vez que a miscigenação tem promovido uma grande semelhança genética entre todas as etnias.



Especiação alopátrica dos corvos na Europa

→ **Especiação simpátrica:** Embora a especiação alopátrica seja aceita por muitos cientistas, a ocorrência de outros tipos de especiação é ainda bastante debatida. Na especiação simpátrica, o fluxo gênico entre dois grupos populacionais distintos (que se tornarão espécies distintas) deixa de ocorrer sem o surgimento de barreira geográfica, ou seja, com a coexistência dos grupos reprodutivos distintos. Mecanismos de corte (atração sexual) ou mesmo microclimáticos podem conduzir a este tipo de especiação.

A principal característica da especiação é o **isolamento reprodutivo**. Estas barreiras reprodutivas podem ser determinadas por diferentes formas que atuam antes da formação do zigoto (pré-zigóticos) ou depois da formação do zigoto (pós-zigóticos).

5.1. Mecanismos pré-zigóticos

- **Isolamento estacional**, sazonal ou temporal: Ocorre quando duas populações, mesmo em simpatria, reproduzem em períodos diferentes. Bastante comum em planta com diferentes períodos de floração e insetos.
- **Isolamento comportamental** ou etológico: Ocorre quando há diferença no comportamento de corte - rituais de acasalamento entre diferentes espécies. Comum em aves (canto, danças) e escorpiões.



O canto de pererecas e aves serve como mecanismo de identificação intraespecífico

- **Isolamento mecânico:** Ocorre uma incompatibilidade anatômica entre as genitálias do macho e da fêmea. Ocorre também em plantas cujas flores estão adaptadas a diferentes síndromes de polinização (vento, insetos, aves, morcegos).

- **Isolamento químico:** Gametas de uma espécie não sobrevivem no trato reprodutivo da outra espécie. Também pode ocorrer pela não ocorrência da reação acrossômica específica (enzimas dos espermatozoides de mamíferos podem não quebrar a zona pelúcida de óvulos de outra espécie).
- **Isolamento ecológico:** As duas populações podem viver no mesmo local, mas ocupar diferentes microclimas (micro-habitats).

5.2. Mecanismos pós-zigóticos

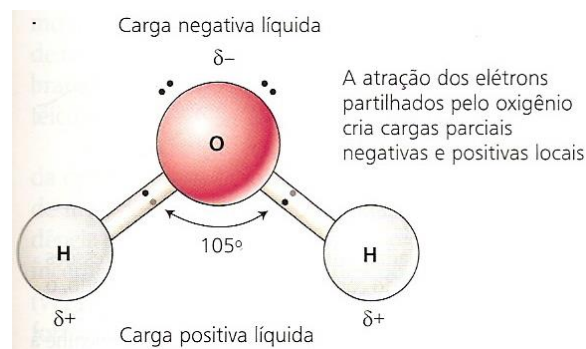
- **Inviabilidade do híbrido:** Diferenças gênicas existentes entre as espécies que se hibridizam podem gerar erros metabólicos graves e, conseqüentemente, a morte precoce do híbrido (aborto). Híbridos que nasçam, mas morram antes da idade reprodutiva também são considerados inviáveis.
- **Esterilidade do híbrido:** A falta de homologia entre os cromossomos do híbrido impede a formação de gametas viáveis.

Bioquímica

1. ÁGUA

A água é a molécula mais abundante dos seres vivos, sendo indispensável a qualquer forma de vida existente em nosso planeta. Embora alguns organismos resistam por muito tempo sem água (anidrobiose), ela mostra-se fundamental a diversas funções celulares.

Pelo fato da água assumir a geometria angular, e não linear, observamos uma distribuição assimétrica de cargas, pois o núcleo do oxigênio (mais eletronegativo) puxa elétrons para longe dos núcleos de hidrogênio (menos eletronegativos) o que deixa a região em torno desses núcleos com balanço negativo de cargas. A presença de cargas positivas e negativa torna a molécula de água um dipolo, permitindo assim a solubilização de inúmeros compostos polares (solvente universal).



Moléculas vizinhas de água apresentam alta afinidade umas pelas outras. Uma região com carga positiva tende a se orientar em direção a uma região com carga negativa. A ligação resultante dessa atração é chamada “**ligação (ponte) de hidrogênio**” e esta propriedade da água denomina-se coesão. Da mesma forma que as moléculas de água estão coesas elas também se ligam a outras superfícies polares, chamamos esta característica de adesão.

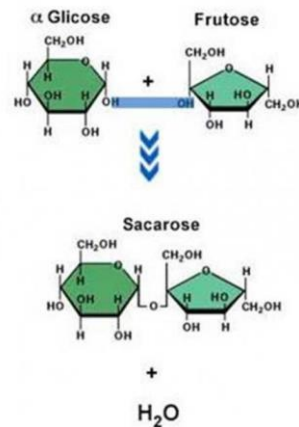
A elevada coesão da água determina as seguintes consequências desta molécula:

- **Elevada tensão superficial**, permitindo que organismos permaneçam no filme d’água sem afundar.
- **Alto calor de vaporização** (539,6 cal/g), ou seja, para retirar a água do estado líquido para o gasoso é necessário fornecer grande quantidade de energia, mantendo a composição hídrica de um corpo.
- **Alto calor latente de fusão** (79,7 cal/g), ou seja, para converter a água do estado sólido para o líquido é necessário absorver uma grande quantidade de calor. Logo, para o processo inverso é necessário que grande quantidade de calor seja dissipada, e com isso se preserva um sistema biológico dos efeitos danosos do congelamento.
- **Alto calor específico** (1 cal/g °C), ou seja, para elevarmos 1g de água em 1°C, é necessário fornecer 1 caloria. Essa dificuldade em sofrer rápidas variações de temperatura favorece a manutenção da temperatura dos seres endotérmicos e evita grande amplitude térmica diária em ambientes úmidos.



Qual dos ambientes acima sofre maior variação de temperatura ao longo do dia?

Além de auxiliar no transporte de substâncias (ex.: sangue, seiva), a água também participa diretamente da maior parte das reações químicas do organismo. O exemplo abaixo mostra que quando ligamos uma glicose a uma frutose (monossacarídeos) formamos a sacarose (dissacarídeo) mais uma molécula de água (síntese por desidratação). Para fazermos a reação inversa é importante adicionar água a sacarose a fim de formar novamente glicose e frutose (hidrólise).



Como a água participa de forma direta no metabolismo celular, sua quantidade varia em função da idade (mais idosos têm menos água), atividade do tecido (tecidos muito ativos como o muscular e nervoso são muito hidratados) e espécie (algumas espécies como a água-viva podem ter até 98% do corpo formado por água).

2. SAIS MINERAIS

São compostos que quando dissolvidos em água, ionizam-se em cátions e ânions. Podem ser encontrados na forma de:

- **Íons:** Dissolvidos em água (ex.: PO_4^{3-} - Ca^{2+})
- **Cristais:** Formando o esqueleto de certos organismos (ex.: Hidroxiapatita – $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)
- **Associados:** Agregados com moléculas orgânicas (ex.: Fe^{2+} - Hemoglobina / Mg^{2+} - Clorofila)

O quadro abaixo apresenta os principais sais:

Sal Mineral	Comentários	Importância
-------------	-------------	-------------

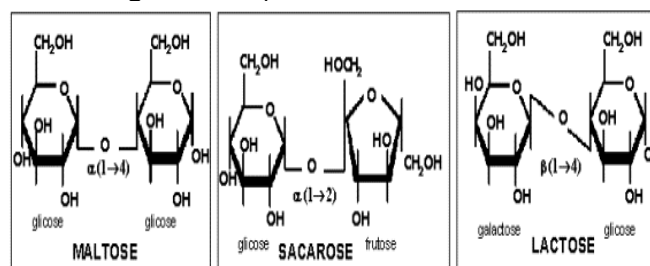
Cálcio	Cátion mais abundante no corpo. Aparece em combinação com o fósforo. Por volta de 99% está armazenado nos ossos e dentes. O restante, nos músculos, outros tecidos moles e no sangue. Importantes fontes são leite, gema de ovo, crustáceos, couve, brócolis	Formação de ossos e dentes, coagulação sanguínea, contração muscular e atividade nervosa.
Fósforo	Aproximadamente 80% em ossos e dentes. O restante encontra-se distribuído em músculos, células cerebrais e sangue. Fontes são laticínios, carne (bovino, frango, peixe) e nozes.	Formação de ossos e dentes. Forma a moeda energética da célula (ATP), formação de membranas (fosfolipídios) e ácidos nucleicos (DNA e RNA).
Sódio	Cátion mais abundante em fluidos extracelulares. A ingestão normal de NaCl (sal de cozinha) fornece as quantidades necessárias.	Afeta fortemente a distribuição de água por osmose. Função na condução de impulsos nervosos e no controle da pressão arterial.
Potássio	Cátion principal no fluido intracelular. A alimentação normal fornece as quantidades necessárias.	Função na transmissão de impulsos nervosos e controle eletrolítico da célula.
Cloro	Encontrado nos fluidos extra e intracelular. Principal ânion do fluido extracelular. Ingestão normal de NaCl fornece as quantidades necessárias.	Formação de HCl no estômago.
Magnésio	Componente de tecidos moles e ossos. Ocorre em diversos tipos de alimentos, como vegetais de folhas verdes, frutos do mar e cereais integrais.	Necessário para o funcionamento normal do tecido muscular e nervoso. Participa na formação dos ossos e contração muscular. Nas plantas, forma a molécula de clorofila.
Ferro	66% encontrado na hemoglobina, no sangue. Restante distribuído em músculos esqueléticos, fígado, baço e enzimas. Suas principais fontes são a carne, fígado, crustáceos, gema de ovo, feijões e legumes.	Formação da hemoglobina (transporte de oxigênio no sangue) e formação de transportadores de elétrons na mitocôndria (citocromos)
Iodo	Fontes são frutos do mar, óleo de fígado de bacalhau e sal iodado.	Componente essencial dos hormônios da glândula tireoide (aumentam o metabolismo celular)
Flúor	Componente de ossos, dentes e outros tecidos.	Parece melhorar a estrutura dentária e inibir as cáries. Inibe a reabsorção óssea.

3. GLICÍDIOS

Glicídios ou carboidratos são compostos conhecidos popularmente como açúcares. Consistem na fonte primária de energia de nossas células (ex.: glicose), mas também podem desempenhar papel estrutural (ex.: glicocálix nas membranas, celulose na parede celular vegetal). São compostos que contêm primariamente átomos de carbono ligados a hidrogênios e grupos de hidroxila (H-C-OH) podendo ser definidos pela fórmula geral: $C_n(H_2O)_n$. Em dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos, essas proporções diferem porque dois hidrogênios e um oxigênio são perdidos a cada ligação glicosídica formada.

São classificados em:

- **Monossacarídeos:** São açúcares simples possuem livre absorção pelas membranas celulares. Os principais monossacarídeos são as pentoses (ex.: ribose e desoxirribose) e as hexoses (ex.: glicose, frutose e galactose).



Exemplos de dissacarídeos

- **Dissacarídeos:** São formados pela ligação entre dois monossacarídeos.

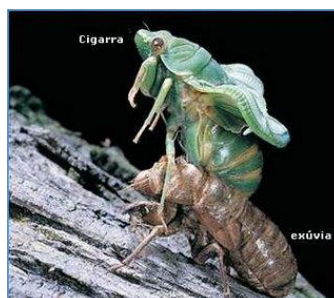
• **Polissacarídeos:** São polímeros grandes, compostos geralmente por centenas/milhares de monossacarídeos. Os principais polissacarídeos são:

→ CELULOSE: componente principal da parede celular de células vegetais.

→ QUITINA: forma o exoesqueleto dos artrópodes

→ AMIDO: reserva energética dos vegetais. Estocado nos caules e raízes.

→ GLICOGÊNIO: reserva energética animal. Estocado no fígado, fornece glicose a todo o organismo. Estocado nos músculos fornece glicose somente ao metabolismo muscular.



A troca do exoesqueleto dos artrópodes (mudas ou ecdises) determina seu “crescimento aos saltos”

4. LIPÍDIOS

São compostos orgânicos insolúveis em água pela presença de muitas ligações covalentes apolares. Solúveis somente em solventes orgânicos como o éter e a acetona, normalmente são formados pela união de um álcool a três ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos). Os lipídios formam a principal reserva de energia do organismo. Atuam também como isolante elétrico (ex.: neurônio), mecânico (ex.: barriga) e térmico (ex.: urso polar).



Lipídios sob a pele protegem os ursos e mamíferos aquáticos do frio intenso

Podem participar da formação de algumas vitaminas (A,E), hormônios (ex.: sexuais e corticoides). As principais classes de lipídios encontradas nos seres vivos são:

- **Glicerídeos:**

Irão compor quase que a totalidade dos lipídios consumidos na dieta, os triglicerídeos ou triacilgliceróis (TAG). Formados pela ligação éster de um glicerol a três ácidos graxos. São os óleos (líquidos a temperatura ambiente) e as gorduras (sólidas a temperatura ambiente).

Os triglicerídeos são depositados principalmente no tecido adiposo, compondo uma enorme reserva energética sem grandes alterações do volume corpóreo, quando comparado aos carboidratos, que agregam grande quantidade de água nos tecidos.

Os ácidos graxos que irão compor os TAG's podem ser:

- **Saturados:** quando os átomos de carbono estiverem completamente saturados por hidrogênios. Lipídios saturados bem como as gorduras trans aumentam os riscos de aterosclerose, aumento do mau colesterol (LDL) e consequentes infartos e derrames.
- **Insaturados:** quando os átomos de carbono apresentarem ligações duplas entre si. Ácidos graxos essenciais poli-insaturados das séries ômega-6 (ácido araquidônico) e ômega-3 (ácido alfa-linolênico) auxiliam na redução do colesterol e dos TAGs sanguíneos, aumentam a imunidade e reduzem os riscos cardiovasculares.



Salmões, grãos como a linhaça e algas podem fornecer alta concentração de ácidos graxos essenciais.

- **Cerídeos:**

Lipídios formados por álcool de elevado peso molecular, formando uma estrutura altamente apolar, capaz de impermeabilizar as estruturas nas quais forem depositados.

Algumas ceras importantes são a cutina – encontrada em folhas de plantas que vivem em ambientes xéricos (secos), evitando assim a perda d'água excessiva; o cerumem do ouvido e a cera de abelha.

- **Fosfolipídios:**

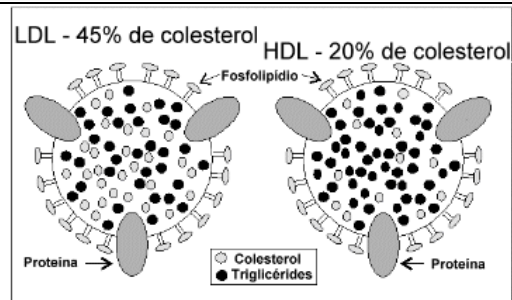
Os fosfolipídios são constituintes estruturais da bicamada lipídica das membranas celulares. Apresentam uma cabeça (fosfato) polar e uma cauda (lipídio) “apolar”.

- **Esteroides:**

Formados somente pela porção álcool, os esteroides normalmente são absorvidos diretamente pelas células dos seres vivos. O colesterol é o principal esteroide dos tecidos animais. Suas funções são a formação de vitaminas (pró-vitamina D), hormônios e os sais biliares.

LDL X HDL

As lipoproteínas são agregados supramoleculares formados por triacilgliceróis, ésteres do colesterol, fosfolipídios e apoproteínas. Estas são sintetizadas pelos enterócitos e pelos hepatócitos. A molécula de proteína solubiliza, estabiliza o complexo e constitui o rótulo pelo qual os receptores das células reconhecem o agregado. As principais lipoproteínas são os quilomicrons, quilomicrons remanescentes, VLDL (lipoproteínas de densidade muito baixa), IDL (lipoproteína de densidade intermediária) LDL (lipoproteínas de densidade baixa) e HDL (lipoproteínas de densidade alta).



As LDL são as principais formas de transporte de lipídios para os tecidos. As HDL são as menores partículas. Incorporam o colesterol de células mortas e de membranas recicladas e o esterificam com a acil-transferase que faz parte da partícula. O éster é transferido para as LDL, VLDL ou para o hepatócito. Por isto são chamadas de “colesterol bom”. Embora as LDL sejam as principais formas de transporte do colesterol para os tecidos, a elevação da concentração destas acompanha a elevação dos níveis plasmático do colesterol e deposição de placas nas artérias (xantomas). Por isto as LDL são chamadas de colesterol ruim.

- **Carotenoides:**

Os carotenoides são um grande grupo de pigmentos de natureza lipídica. Eles dão as cores vermelha, laranja e amarela aos alimentos (ex.: cenoura, beterraba). Sua principal função em nosso organismo é a formação da vitamina A (retinol).

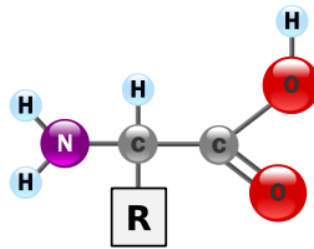


Desenho mostrando o mau colesterol (LDL) obstruindo os vasos sanguíneos e o bom colesterol (HDL) auxiliando em sua limpeza

5. PROTEÍNAS

As proteínas são polímeros formados pela união de aminoácidos por ligações peptídicas. Suas funções são extremamente variadas uma vez que é através da síntese proteica que ocorre a expressão de nossos genes (DNA).

São 20 os tipos de aminoácidos formadores de proteínas. Sua estrutura contém um grupo carboxila, um grupo amino e uma cadeia lateral distinta (grupo “R”), ligados a um átomo de carbono “ α ”. Alguns aminoácidos são considerados essenciais, sendo assimilados na alimentação, enquanto outros, os aminoácidos naturais, são produzidos pelo próprio organismo.

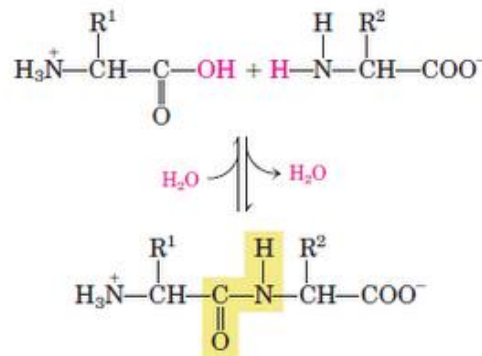


Principais componentes de um aminoácido

Aminoácidos ligam-se entre um grupo amino de um aminoácido e um grupo carboxila de outro, esta ligação denominada peptídica é a responsável pela formação das proteínas.

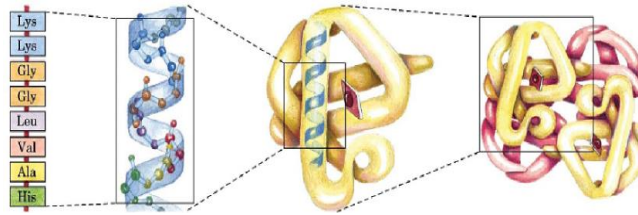
Na medida em que a proteína é formada nos ribossomos da célula, ela tende a se compactar assumindo diferentes estruturas. São elas:

- **Estrutura primária:** Sequência de aminoácidos numa cadeia linear. Mutações no DNA podem afetar de forma direta a estrutura primária da proteína.



Aminoácidos se ligam formando um dipeptídeo (síntese por desidratação). Sua quebra depende da participação de moléculas de água (hidrólise)

- **Estrutura secundária:** Determinada por pontes de hidrogênio entre os resíduos de aminoácidos que constituem a estrutura primária. Início da interação entre os aminoácidos.
- **Estrutura terciária:** Determinada por interações entre as cadeias laterais dos resíduos de aminoácidos, promovendo o enovelamento da proteína e a configuração do seu sítio ativo. Máximo grau de compactação proteica. Sua formação depende de interações como as pontes dissulfeto, forças de Van der Waals e interações iônicas.
- **Estrutura quaternária:** União de duas ou mais proteínas em sua estrutura terciária (ex.: hemoglobina é formada por quatro proteínas ligadas entre si)



Representação das estruturas primária a quaternária de uma dada proteína

As principais funções das proteínas são:

→ **Estrutural** (ex.: Colágeno do tecido conjuntivo, queratina da epiderme, citoesqueleto).

→ **Imunológica** (ex.: Anticorpos ou imunoglobulinas são proteínas de defesa do organismo produzidas pelos glóbulos brancos).

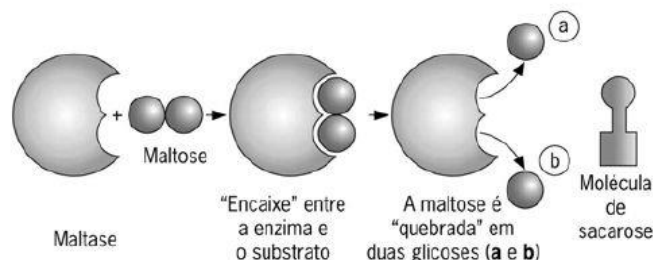
→ **Catalítica** (ex.: Enzimas são catalisadores biológicos – aceleram reações químicas diminuindo a energia de ativação necessária para que as reações químicas aconteçam)

→ **Contráctil** (ex.: Actina e miosina da musculatura promovem a sua contração)

→ **Transporte** (ex.: Hemoglobina nas hemácias transporta oxigênio; proteínas transportadoras da membrana)

→ **Coagulação** (ex.: Pró-trombina, fibrinogênio e fibrina participam da formação do coágulo sanguíneo)

As enzimas são altamente específicas em função de seu substrato. A superfície de cada molécula de proteína tem uma reatividade química específica, que depende não só de quais cadeias laterais de aminoácidos estão expostas, mas também de suas exatas orientações em relação umas às outras. Por esta razão, mesmo duas conformações pouco diferentes da mesma molécula de proteína podem diferir muito em sua química. Sendo assim, toda enzima é altamente específica em relação ao substrato que será catalisado (mecanismo chave-fechadura de reconhecimento químico).



Exemplo do mecanismo chave-fechadura – a maltase somente se encaixa a maltose (não a sacarose), catalisando sua quebra em duas moléculas de glicose.

Existem três importantes fatores que influenciam a atividade enzimática:

- **Concentração de substrato:** Quanto maior for a concentração de substrato, maiores serão as taxas de colisão e de reações por unidade de tempo, até a estabilização do processo pela saturação do sítio ativo em que a velocidade se estabiliza em um valor máximo.



Quanto maior a concentração do substrato maior a velocidade da reação – até que ocorra a saturação

- **Potencial hidrogeniônico (pH):** As enzimas atuam especificamente numa determinada faixa de pH.
- **Temperatura:** Enzimas possuem uma temperatura ótima de atuação. Temperaturas mais altas ou mais baixas determinam menor atividade enzimática. Temperaturas muito elevadas ou pH extremos podem romper os processos interativos, desconfigurando o sítio ativo da enzima. Este processo denominado desnaturação altera, na maioria das vezes, a forma da enzima irreversivelmente, inutilizando estas enzimas para sempre.

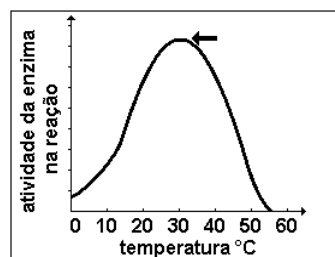


Gráfico da atividade enzimática em função da temperatura/pH. A seta indica a temperatura ótima de atuação enzimática.

Príons

Até recentemente acreditava-se que as doenças infecciosas só podiam ser causadas por microrganismos que contêm ácidos nucleicos (DNA ou RNA), como vírus, bactérias e protozoários. A descoberta de que certas proteínas, chamadas de “príons”, sigla derivada da denominação “proteinaceous infectious particle” (partícula infecciosa proteinácea), podiam ser agentes infecciosos abalou esse conceito clássico.

O “príon” é uma proteína normal do organismo, abundante no cérebro e encontrada em outros órgãos, que pode se apresentar na forma patogênica, bastando que ocorra uma alteração na sua conformação espacial, havendo predomínio de domínios de “folhas β . Pregueada”.

A forma patogênica tem tendência a se agregar, formando partículas insolúveis e muito resistentes à ação enzimática. Os agregados insolúveis depositam-se no encéfalo, e de forma ainda não esclarecida, produzem as “Encefalopatias Espongiformes”, manifestadas na doença da vaca louca (gado), Kuru e síndrome de Creutzfeldt-Jacob em seres humanos.

5. VITAMINAS

As vitaminas são nutrientes orgânicos necessários em quantidades mínimas para a manutenção do crescimento e do metabolismo. Diferentemente de outros compostos, as vitaminas não fornecem energia, nem são utilizadas como substrato para produção de outras substâncias, tendo como função principal regular os processos fisiológicos. Muitas vitaminas atuam como coenzimas, sendo indispensáveis para a atuação enzimática.

São divididas em:

- **Lipossolúveis:** Vitaminas insolúveis em água. Sua absorção ocorre juntamente com lipídios e ácidos graxos. Transportadas principalmente pela linfa, são estocadas em tecidos como o adiposo e o hepático (fígado). São dificilmente eliminadas, logo suas hipervitaminoses (excesso) são mais comuns do que as das vitaminas hidrossolúveis. As principais vitaminas lipossolúveis são: A, D, E e K.
- **Hidrossolúveis:** Absorvidas pelo intestino e transportadas pelo sistema circulatório para os tecidos em que serão utilizadas. Difícil armazenamento, pois o seu excesso é secretado (principalmente na urina). Deste modo, as vitaminas hidrossolúveis necessitam de reposição diária. As principais vitaminas hidrossolúveis são as do complexo B e a vitamina C.



Frutas, leite, ovo e fígado são alimentos ricos em vitaminas

As principais vitaminas são:

- **VITAMINA A (Retinol)**
FONTE: acerola, vegetais verdes e amarelos (alface, couve, espinafre, salsa, batata-doce, cenoura), gordura, leite, manteiga, queijo, ovo, fígado e outras vísceras, sardinha.
FUNÇÃO: importante para o crescimento e formação dos ossos, indispensável para a qualidade da visão, da pele e do cabelo.
AVITAMINOSE: xeroftalmia (ressecamento da córnea), cegueira noturna, alteração do paladar, desidratação da pele (com hiperqueratose e atrofia das glândulas sebáceas), desidratação das mucosas (com infecções frequentes).
- **VITAMINA B1 (Tiamina)**
FONTE: arroz integral, brócolos, ervilha, espargo, feijão, noz, pão integral, fígado, rim, carne de porco, peixe, ovo (gema).
FUNÇÃO: importante para o metabolismo celular, sistema nervoso e músculos.
AVITAMINOSE: beribéri (neurite grave), fadiga, irritação fácil e nervosismo, palidez, palpitações, perda de peso, parestesias (sensação de picadas no corpo), sensação de calor nos pés (sensação de queimadura), atrofia muscular, polineuropatia, cianose
- **VITAMINA B2 (Riboflavina)**

FONTE: cereais em grão, levedura de cerveja, vegetais de folhas verdes (couve-flor, espinafre, repolho), vegetais amarelos, leite, queijo, carnes de boi, porco e aves, fígado e rim (vaca), ovo.

FUNÇÃO: importante para o metabolismo das proteínas, lípidos e glicídios.

AVITAMINOSE: neuropatia, ardor e prurido ocular, fotofobia (hipersensibilidade à luz), aumento da vascularização da córnea, desidratação da pele, estomatite, glossite, depressão, letargia.

- **VITAMINA B3 (Ácido nicotínico – Niacina – Nicotinamida – Vitamina PP)**

FONTE: amendoim, cereais em grão, noz, ervilha, fava, feijão, legumes, leite, queijo, carne de aves, fígado.

FUNÇÃO: importante para as funções dos sistemas nervoso e digestivo, fígado e pele, ação reguladora da colestolemia.

AVITAMINOSE: pelagra (diarreia, dermatite e demência).

- **VITAMINA B5 (Ácido pantoténico)**

FONTE: cereais em grão, cogumelos, legumes, milho, abacate, leite, carne de aves, fígado, ovo.

FUNÇÃO: importante para a produção de anticorpos e hormônios das suprarrenais (esteroides e cortisona). Elemento essencial da coenzima A da respiração celular.

SINAIS E SINTOMAS: câibras, dores e cólicas abdominais, fadiga, insônia, mal-estar geral, redução na produção de anticorpos.

- **VITAMINA B6 (Piridoxina)**

FONTE: arroz integral, aveia, batata, cereais em grão, trigo, leguminosas, banana, atum, carne de porco, vísceras.

FUNÇÃO: importante para o metabolismo celular (respiração celular) e das proteínas.

SINAIS DE CARÊNCIA: anemia, dermatite, gengivite, glossite, náuseas, nervosismo.

- **VITAMINA B9 (Ácido fólico)**

FONTE: vegetais de folhas verdes (couve-flor, espinafre, repolho), levedura de cerveja, fígado.

FUNÇÃO: ajuda a formar o ácido tetraidrofólico, que atua como uma coenzima no metabolismo dos aminoácidos, na formação dos ácidos nucleicos, das hemácias e do tecido nervoso.

AVITAMINOSE: anemia (megaloblástica).

- **VITAMINA B12 (Cianocobalamina)**

FONTE: leite, carnes vermelhas, ovo.

FUNÇÃO: necessária à eritropoiese, e importante para o metabolismo dos aminoácidos e ácidos nucleicos.

AVITAMINOSE: disfunções neurológicas e hematológicas (anemia perniciosa).

- **VITAMINA C (Ácido ascórbico)**

FONTE: acerola, ananás, laranja, limão, mamão, manga, melão, morango, batata, vegetais de folhas verdes (couve-flor, couve galega, espinafre, repolho), pimentão.

FUNÇÃO: importante para várias reações bioquímicas celulares. A principal função é a hidroxilação do colágeno, uma proteína que aumenta a resistência de ossos, dentes, tendões e paredes dos vasos sanguíneos. Tem efeito antioxidante, combatendo radicais livres e evitando o envelhecimento celular precoce.

AVITAMINOSE: escorbuto (cicatrização difícil de ferimentos, secura da boca e dos olhos, alopecia, dentes fracos, dores articulares, gengivite, hemorragias, perda de peso, fraqueza geral).



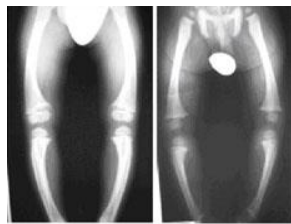
O escorbuto era comum em marinheiros pela deficiência de frutas cítricas e hortaliças em sua dieta.

- **VITAMINA D (Calciferol)**

FONTE: fígado, ovo, peixes de água salgada, sol (favorece a produção de calciferol pelo organismo).

FUNÇÃO: importante para o crescimento, facilita a fixação de cálcio nos ossos e dentes.

AVITAMINOSE: raquitismo (atraso no crescimento, amolecimento do crânio, deformações ósseas, protrusão esternal, curvatura acentuada dos membros inferiores). Nos adultos provoca a osteomalácia.



Más formações ósseas decorrentes da falta de vitamina D

- **VITAMINA E (Tocoferol)**

FONTE: abacate, avelã, aveia, batata doce, brócolos, cereais integrais, noz, trigo.

FUNÇÃO: importante para a atividade muscular, formação de células sexuais e sanguíneas, ação antioxidante (estabilizadora das estruturas celulares).

AVITAMINOSE: diminuição da fertilidade, descamação cutânea, anemia, catarata, derrames, disfunção neurológica.

- **VITAMINA K (Filoquinona – Naftoquinona)**

FONTE: arroz integral, ervilha, tomate, vegetais de folhas verdes (couve-flor, espinafre, repolho), óleos vegetais, carne, fígado, leite, microflora intestinal (fornece cerca de 50% das necessidades diárias).

FUNÇÃO: importante na coagulação do sangue.

AVITAMINOSE: hemorragias.

Estrutura e Fisiologia Celular

1. ORGANIZAÇÃO CELULAR

As células são as unidades funcionais e estruturais de todos os seres vivos, sendo a sua caracterização de grande importância conceitual para o avanço dos estudos biológicos, tendo em vista, de que se trata de um tema unificador para o estudo da matéria viva. Células possuem uma grande variação morfológica e estrutural, são abaixo listados os principais tipos celulares:

1.1 Células procarionte:

A célula procarionte apresenta material genético disperso no citoplasma, evidenciado numa região chamada de nucleíe. Além da ausência da membrana nuclear, esta célula não possui nenhum tipo de compartimento membranar citoplasmático, retículos, complexo de Golgi e outras organelas estão ausentes. Embora não possua estruturas membranosas, possuem ribossomos responsáveis pela sua síntese proteica. Os organismos do Reino Monera (bactérias e cianobactérias (cianofíceas)) são os únicos seres que apresentam este tipo celular.

1.2 Células eucarionte:

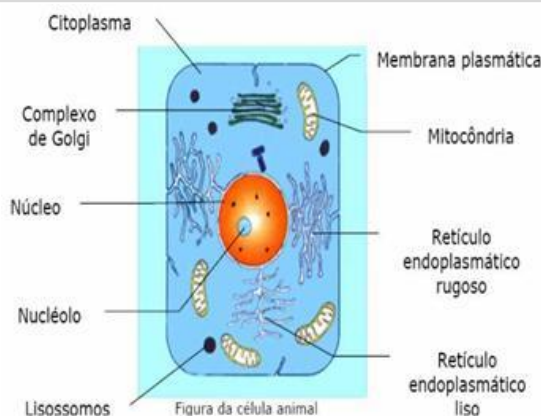
A célula eucarionte apresenta material genético compartimentalizado no núcleo celular. A presença de outros compartimentos membranares citoplasmáticos como o retículo, mitocôndrias, e o complexo golgiense favorecem o aumento da eficiência metabólica da célula. Todos os demais seres vivos (protocistas, fungos, plantas e animais) possuem este tipo celular. As células eucariontes animais e vegetais possuem também importantes diferenças que serão descritas a seguir.



As células procariontes e eucariontes apresentam muitas diferenças organizacionais

1.3 Célula animal:

As células eucariontes animais possuem como todas as células eucariontes – núcleo individualizado, retículo endoplasmático, complexo golgiense, ribossomos e mitocôndrias. Como os animais necessitam utilizar alimentos produzidos por outros seres, possuem uma organela cuja função é a digestão intracelular – os lisossomos. Diferentemente das plantas superiores, as células animais possuem centríolos responsáveis pela formação de seus cílios e flagelos, bem como pela orientação da divisão celular. Não possuem pastos, parede celular nem vacúolo central.



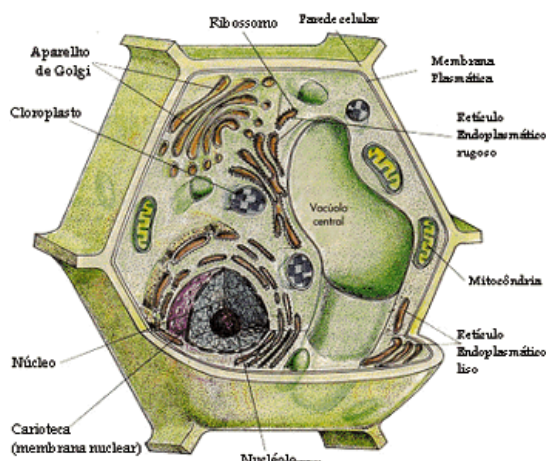
Estruturas presentes na célula animal

1.4 Célula vegetal:

As células vegetais se distinguem das células animais devido às seguintes características: parede celular, conexões celulares (plasmodesmos), vacúolo central (armazena substâncias), pastos e reserva energética na forma de amido. O citoplasma das células vegetais contém, além dos pastos e vacúolos, as mesmas organelas da célula animal. Aparentemente tanto o retículo endoplasmático liso quanto o granular e os ribossomos exercem funções semelhantes nas células animais e vegetais.

A célula vegetal está circundada por uma estrutura semirrígida denominada parede celular, a qual confere proteção e apoio mecânico à célula, que se deforma à medida que a célula cresce e se diferencia.

Os pastos são organelas ligadas aos processos de fotossíntese. Há diversos tipos de pastos e sua classificação se faz de acordo com o material encontrado no seu interior. Os cloroplastos são os mais comuns e são verdes devido aos pigmentos de clorofila.



Estruturas presentes na célula vegetal

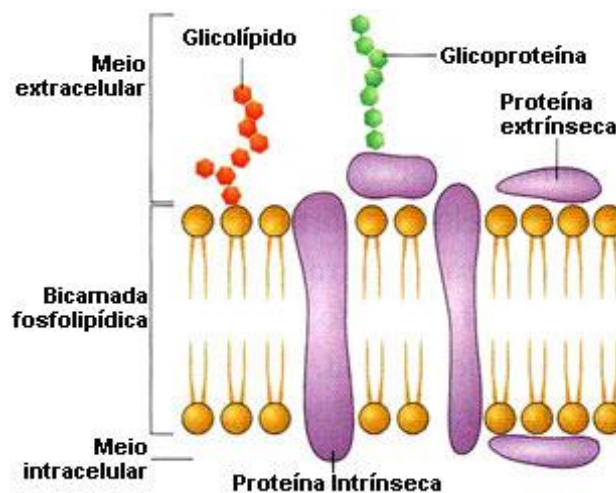
Obs.: Relação entre superfície e volume

À medida que a célula apresenta um aumento de volume, observamos também, um aumento de sua superfície de membrana, mas não na mesma proporção, tendo em vista que o volume interno cresce numa grandeza cúbica, enquanto sua área superficial cresce numa grandeza quadrática. Assim sendo, a taxa metabólica deve ser reduzida em células de maior volume, pois esta não consegue assimilar os nutrientes, nem dissipar o calor que seria gerado. Logo, quanto maior for a relação entre superfície/volume, menor será a taxa metabólica de uma célula.

2. MEMBRANA PLASMÁTICA

A membrana plasmática delimita todas as células existentes. Exerce o papel de “porteiro” controlando a entrada e saída de substâncias da célula (permeabilidade seletiva).

Todas as membranas celulares possuem uma mesma composição: são formadas por bicamadas fosfolipídicas na qual se inserem proteínas, podendo estas estar associadas a glicídios ou não. Este modelo de organização denomina-se modelo do mosaico-fluído – que descreve que a membrana é um mosaico glicoproteico imerso em uma bicamada fosfolipídica que lhe confere fluidez.



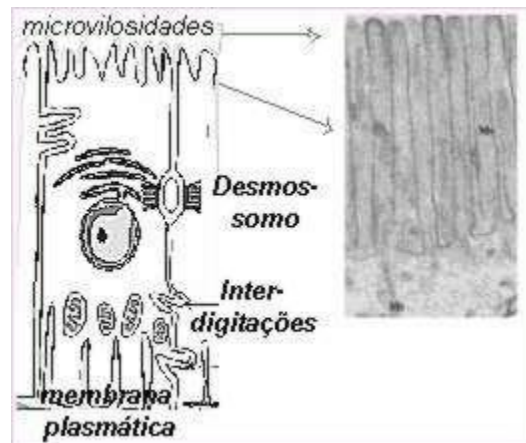
Modelo do mosaico fluido para a estrutura da membrana. As cadeias de ácidos graxos no interior da membrana formam uma região hidrofóbica fluida, enquanto que os fosfatos hidrofílicos ficam voltados para fora e para dentro da célula. As proteínas integrais de membrana flutuam neste mar de lipídios. Tanto as proteínas quanto os lipídios são livres para se movimentarem lateralmente no plano da bicamada.

2.1 Especializações de membrana:

Em determinados pontos da membrana plasmática observamos alterações estruturais denominadas junções celulares, sendo encontradas em vários pontos de contato célula-célula e célula-matriz, tendo uma grande importância principalmente no epitélio. As principais especializações são:

1. **Microvilosidades:** Aumentam a superfície de contato entre a célula e o meio extracelular, aumentando a capacidade absorptiva do tecido. Encontrada no epitélio intestinal e renal favorecem as trocas de substâncias.

2. **Desmosomos:** Conferem uma forte resistência aos tecidos nos quais são encontrados, estando intimamente associados aos tecidos de revestimento (epitelial). Diminuem a perda de água e outras substâncias bem como evitam a entrada de corpos estranhos no organismo.
3. **Interdigitações:** Assim como os desmosomos possuem importante papel coesivo das células vizinhas.



Esquema de algumas especializações da membrana encontradas no epitélio intestinal

Junções comunicantes (GAP): Permitem à passagem de sinais elétricos ou químicos de uma célula a outra em interação.

- **Plasmodesmos:** Canais entre células vegetais que facilitam as trocas de substâncias
- **Glicocálix:** Formado por proteínas associadas a glicídios ancoradas na membrana na região voltada para o meio extracelular. Confere às células a capacidade de se reconhecerem, podendo desencadear mecanismos de rejeição a transplantes e doenças autoimunes.

2.2. Transporte em membranas:

A capacidade de uma membrana de ser atravessada por algumas substâncias e não por outras define sua permeabilidade. Em uma solução, encontram-se o solvente (meio líquido dispersante) e o soluto (partícula dissolvida). A passagem aleatória de partículas sempre ocorre de um local de maior concentração (hipertônico) para outro de concentração menor (hipotônico), dizemos que este transporte ocorre a favor do gradiente de concentração. Isso se dá até que a distribuição das partículas seja uniforme (meios isotônicos). A partir do momento em que o equilíbrio for atingido, as trocas de substâncias entre dois meios tornam-se proporcionais.

A passagem de substâncias através das membranas celulares envolve vários mecanismos, entre os quais podemos citar:

2.2.1. Passivo:

Dado o tempo suficiente, qualquer micromolécula (ex.: gases, água, sais) poderá atravessar a bicamada lipídica ao longo do seu gradiente de concentração. O fator que irá apresentar variação é a velocidade com a qual o transporte é efetuado. Sabemos que quanto menor for o peso

molecular, e quanto mais solúvel for em óleo (mais hidrofóbica ou não polar), maior será a velocidade com que a molécula será transportada.

As principais características do transporte passivo são:

- Ocorre a favor do gradiente de concentração, ou seja, é a favor do fluxo de massa;
- Apresenta a tendência de igualar a concentração entre os meios;
- Não há gasto de energia.

O transporte passivo pode ser classificado em:

- **Difusão:** Para o transporte de soluto
- **Osmose:** Para o transporte passivo de solvente (água).

Na difusão, solutos são transportados sem gasto de energia do meio hipertônico (mais soluto e menos solvente) ao meio hipotônico (menos soluto e mais solvente). A difusão pode ser subdividida em simples – quando ocorre através dos fosfolipídios da membrana; e facilitada – quando é acelerada por proteínas tipo canal ou permeases. Enquanto a velocidade da difusão simples é proporcional à concentração de soluto, a velocidade da difusão mediada por carregador atinge um valor máximo quando a proteína encontra-se saturada.

2.2.2. Ativo:

Embora a tendência do transporte passivo seja conduzir a isotonia, muitas vezes é interessante para a célula acumular solutos em seu interior ou no meio extracelular mantendo o gradiente de concentração, para este fim se realiza o transporte ativo.

Suas principais características são:

- Ocorre contra o gradiente de concentração, ou seja, é contra o fluxo de massa;
- Nunca iguala a concentração entre os meios;
- Apresenta gasto de energia.

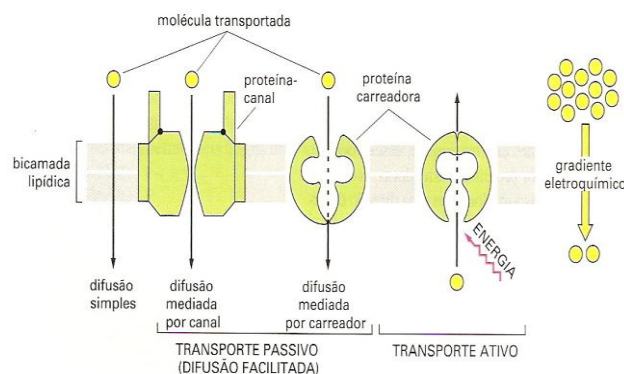
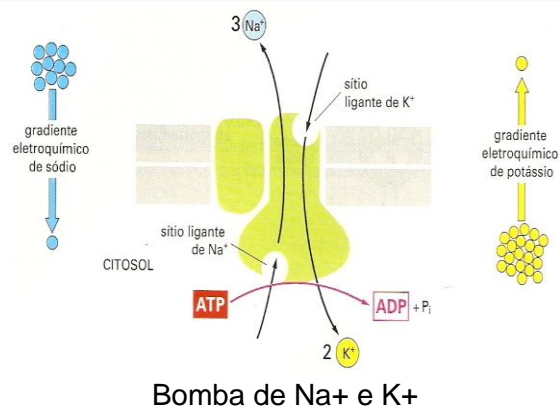


Figura demonstrando os principais tipos de transporte de soluto pela membrana

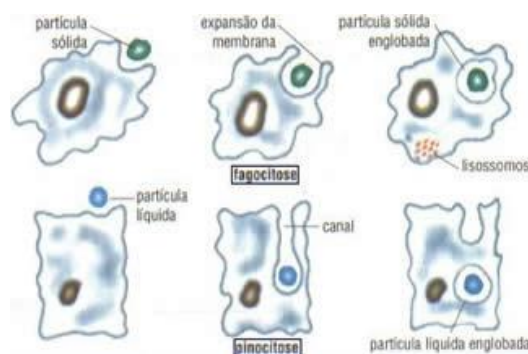
A bomba de Na^+/K^+ ATPase é um exemplo característico de transporte ativo, que tem como principal objetivo regular o volume hídrico da célula. Através desta proteína são bombeados 3 Na^+ para fora da célula e 2 K^+ para dentro, mantendo a diferença de concentração de ambos os íons. Esta mesma proteína exerce importante papel na transmissão de impulsos nervosos.

**Obs.: Biologia na cozinha**

É bastante comum que as donas de casa errem a mão e coloquem muito sal em seu feijão. Não tem problema! Muitas delas sabem que nesse caso basta colocar pedaços de batata para cozinhar junto com o feijão que a batata ajuda a “tirar” seu sal. Como explicar isso? Como o feijão é hipertônico em relação à batata, esta absorve passivamente o sal (difusão), perdendo também água ao meio por osmose! Da mesma forma saladas não podem ser temperadas antes de serem servidas, pois o meio externo hipertônico desidrata os vegetais.

2.2.3. Transporte em massa:

Em algumas células ocorrem processos que permitem a entrada e saída de macromoléculas (sólidas ou líquidas) entre os meios externo e interno da célula. Esses processos são chamados genericamente de endocitose (entrada de macromoléculas) e exocitose (saída de macromoléculas). Embora geralmente ocorram em células que constituem organismos unicelulares, algumas células de organismos multicelulares também podem realizar esses processos (ex.: poríferos e cnidários, bem como nossas células de defesa (leucócitos)). A endocitose pode ocorrer de duas maneiras: por fagocitose (englobamento de partículas sólidas, normalmente ocorre através da emissão de evaginações da membrana – os pseudópodos) ou por pinocitose (englobamento de partículas líquidas que promovem a formação de invaginações na membrana plasmática). Após a endocitose as macromoléculas serão digeridas pelos lisossomos da célula, processo descrito a seguir.

**3. CITOPLASMA**

O citoplasma é o espaço intracelular que sedia a maior parte do metabolismo celular. Pode ser dividido em duas porções fundamentais: hialoplasma e organelas citoplasmáticas.

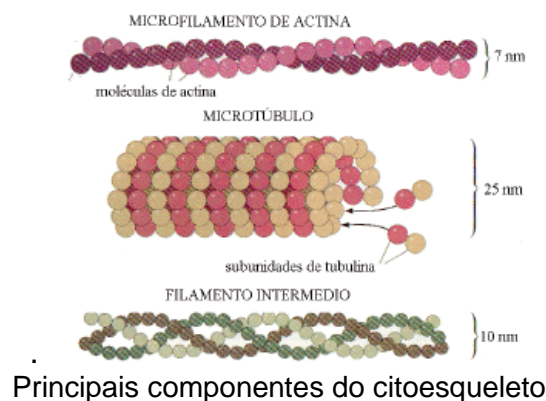
3.1. Hialoplasma ou citosol:

O hialoplasma é um colóide, que preenche a maior parte do citoplasma. Pode assumir um estado de sol (fluido, como líquido), ou um estado de gel (viscoso, como gelatina). Nas regiões periféricas da célula, o hialoplasma costuma ter a consistência de gel, e é denominado ectoplasma. A parte mais interna do citoplasma é uma solução, bastante fluida, e é chamada de endoplasma.

É composto principalmente por água (80%), mas também contém íons, sais e moléculas grandes, como proteínas, carboidratos e o RNA.

No hialoplasma encontramos proteínas associadas à sustentação celular – o citoesqueleto. Há três tipos de filamentos que compõem o citoesqueleto: filamentos intermediários, microfilamentos e microtúbulos.

Os filamentos intermediários possuem composição proteica variada. Os microfilamentos são constituídos de uma proteína contrátil, a actina. Os microtúbulos também são proteicos, constituídos de uma proteína chamada tubulina, estes, estão ligados a vários fenômenos celulares que envolvem movimento. Desta forma destacam-se como funções do citoesqueleto a ciclose (movimento de organelas citoplasmáticas), o movimento de pseudópodes, a migração dos cromossomos durante a divisão celular e o batimento de cílios e flagelos.



3.2. Organelas citoplasmáticas:

Por definição, organelas são compartimentos delimitados por membrana e que exercem algum tipo de função no meio celular. Porém, algumas estruturas têm sido classificadas como tal, por apresentarem uma função essencial para o funcionamento celular, sendo o caso, por exemplo, dos ribossomos e centríolos. Estão listadas abaixo as principais organelas bem como as suas respectivas funções.

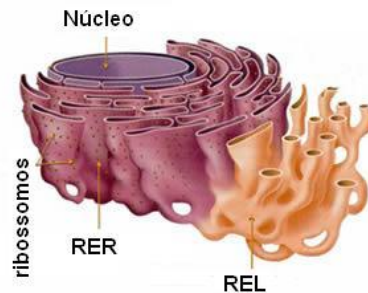
3.2.1. Ribossomos:

Os ribossomos são agregados de RNAr (ribossomal) e proteínas, responsáveis por efetuar a síntese proteica. Não possuem membrana envolvente e são as únicas organelas encontradas também nas células procariontes (bactérias). Podem se localizar livres no citoplasma ou associados ao retículo endoplasmático rugoso. Os ribossomos livres no citoplasma produzem proteínas para uso intracelular (ex.: enzimas, citoesqueleto).

3.2.2. Retículo endoplasmático rugoso, granular ou ergastoplasma:

O retículo endoplasmático é formado por uma rede de canais que ocupam grande parte do volume citoplasmático. Pode apresentar ribossomos aderidos, característica típica do retículo endoplasmático rugoso (RER).

Assim como os ribossomos livres, o RER também executa a síntese de proteínas, porém, as proteínas produzidas no RER são endereçadas ao meio extracelular através da via secretora (Retículo endoplasmático liso e complexo golgiense). Hormônios proteicos, enzimas do tubo digestivo, e proteínas da membrana plasmática são produzidas nesta organela.



Disposição do retículo endoplasmático em relação ao núcleo celular. A posição do RER próximo ao núcleo acelera a síntese de proteínas

3.2.3. Retículo endoplasmático liso ou agranular:

Diferentemente do retículo rugoso, o retículo endoplasmático liso (REL) não possui ribossomos aderidos as suas membranas. Suas funções incluem:

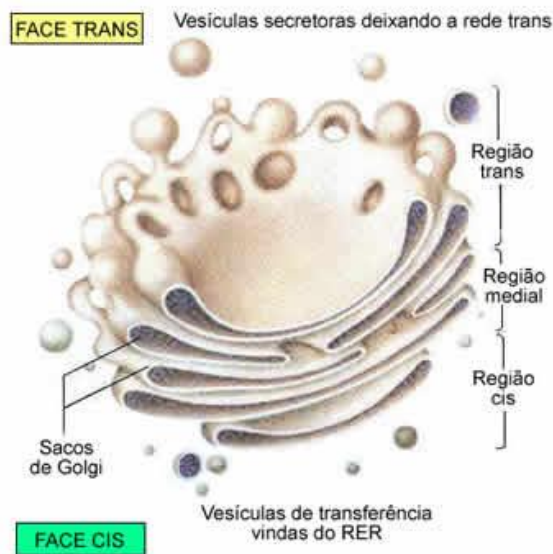
- Transporte de substâncias ao complexo golgiense
- Produção de lipídios (esteroides)
- Desintoxicação celular. Atua na degradação do etanol ingerido em bebidas alcoólicas, assim como a degradação de medicamentos ingeridos pelo organismo.

Esse tipo de retículo é abundante principalmente em células do fígado e das gônadas.

3.2.4. Complexo golgiense:

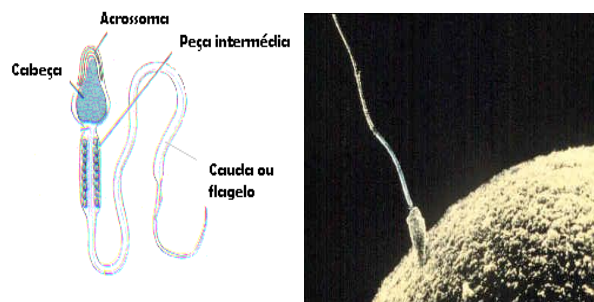
O Complexo golgiense (de Golgi) é organela que apresenta participação direta no tráfego de substâncias na célula. Formado por bolsas achatadas (dictiossomos) e vesículas, tem como principais funções:

- Selecionar os produtos de secreção. As proteínas produzidas pelo retículo são armazenadas, empacotadas e secretadas por esta organela.
- Executar um processamento adicional. O Complexo de Golgi em determinados casos irá clivar os polipeptídeos que foram produzidos no Retículo Endoplasmático Rugoso, ou até mesmo adicionar grupos funcionais a estes. Neste caso, o procedimento mais comum é a glicosilação (adição de glicídios sobre os produtos que serão secretados).



Representação das diferentes partes do complexo golgiense

- Forma o acrossoma na cabeça dos espermatozoides. Esta vesícula é fundamental para que os espermatozoides rompam os envoltórios do ovócito garantindo assim a fecundação.
- Nas células vegetais forma a lamela média, estrutura que permite a citocinese (divisão dos citoplasmas) terminando o processo de divisão celular.
- Forma os lisossomos, organelas responsáveis pela digestão intracelular.



O acrossoma do espermatozoide permite a fecundação

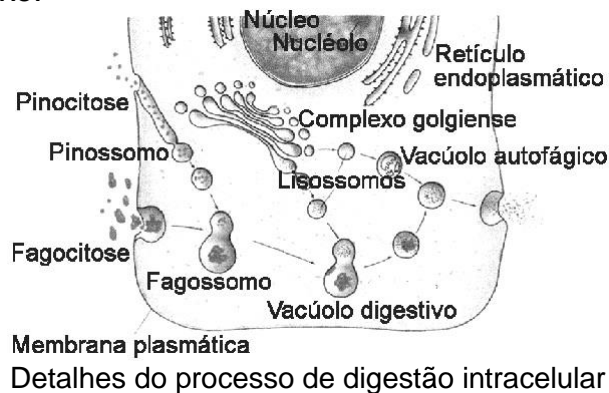
3.2.5. Lisossomo:

Os lisossomos são vesículas preenchidas por enzimas hidrolíticas utilizadas na digestão intracelular. São cerca de 40 enzimas diferentes, todas incorporadas no grupo das hidrolases ácidas por atuarem em pH 5, se diferenciando do resto citoplasmático que gira em torno de 7,2. Como exerce uma digestão principalmente proteica, o lisossomo muitas vezes é comparado com o estômago da célula.

A digestão lisossomal ocorre através de uma via de mão dupla, que tem início quando o retículo endoplasmático rugoso vincula a síntese das enzimas lisossomais. Após o envio destas enzimas ao complexo golgiense, um precursor lisossomal (lisossomo primário) brota desta organela.

No sentido oposto, observa-se a formação de endossomos contendo macromoléculas. Com a fusão dos lisossomos primários com os endossomos forma-se o vacúolo digestivo (lisossomo secundário) que permitirá a digestão das macromoléculas e a absorção de seus

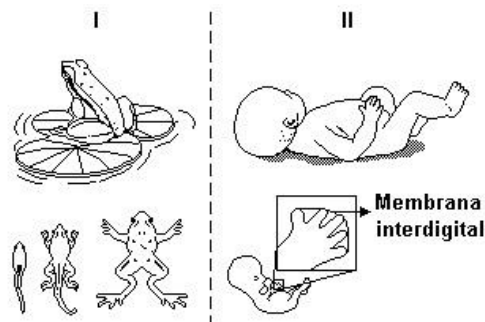
produtos para o meio intracitoplasmático. Após a finalização do processo digestivo, resíduos que ainda se encontrarem na vesícula (corpo residual) sofrem exocitose (clasmocitose) com o lançamento de seu conteúdo para o meio extracelular. O processo descrito se encontra representado na figura abaixo.



Os lisossomos também podem participar de processos de autodegradação celular, denominados autólise e autofagia.

A autólise ou citólise é o processo pelo qual uma célula se autodestrói espontaneamente. É incomum em organismos adultos e normalmente ocorre em células danificadas ou em tecido morrendo. Ocorre através de uma instabilidade da membrana lisossômica causada por fatores físicos e/ou químicos promove a ruptura da mesma, levando ao "derrame" enzimático que irá promover a digestão da parte orgânica da célula e, conseqüentemente, destruição da mesma. São exemplos importantes de autólise a regressão da cauda do girino e a silicose pulmonar (doença causada pela inspiração excessiva de sílica).

Na autofagia, a célula elimina organelas velhas através da fusão do lisossomo com as próprias organelas celulares. A autofagia pode ser estimulada em determinadas situações, como, por exemplo, durante o jejum prolongado, aparecendo numerosos autofagossomos nos hepatócitos com o objetivo de converter os componentes da célula em alimento para prolongar a sobrevivência do organismo.



A regressão da cauda do girino e das nossas membranas interdigitais consistem em importantes exemplos de autólise programada – também chamada de apoptose.

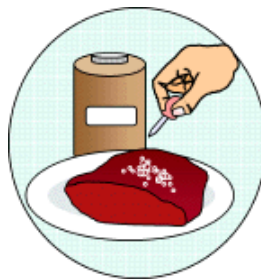
Obs.: Apoptose

Alguns autores costumam descrever a remodelação dos tecidos como um processo definido pela ruptura dos lisossomos, sendo este chamado de autólise. Atualmente sabe-se que a "apoptose" ou morte celular programada é um tipo de suicídio celular que requer energia e síntese proteica

para a sua execução. Tal processo está sendo extensivamente investigado pois seu gatilho em células tumorais pode consistir em um caminho para a cura do câncer.

3.2.6. Peroxissomo:

Organelas encontradas em todas as células eucarióticas apresentando enzimas oxidativas em altas concentrações, como a “catalase” e a “urato oxidase”. Sua principal enzima é a catalase, enzima que degrada a água oxigenada evitando seu acúmulo no organismo. Seu papel antioxidante permite o combate a radicais livres evitando o envelhecimento celular precoce. Esta ação é particularmente importante nas células do fígado e do rim, eliminando moléculas com potencial tóxico.



Ao pingarmos água oxigenada no fígado cru são formadas imediatamente bolhas de oxigênio graças a ação da enzima catalase.

3.2.7. Glioxissomos:

Organelas exclusivas da célula vegetal. Encontrados principalmente em sementes em germinação, onde convertem ácidos graxos em açúcares necessários para o crescimento da planta jovem. Recebem este nome pelo fato de acumularem ao longo do processo o ácido glioxílico.

3.2.8. Vacúolo central ou suco celular:

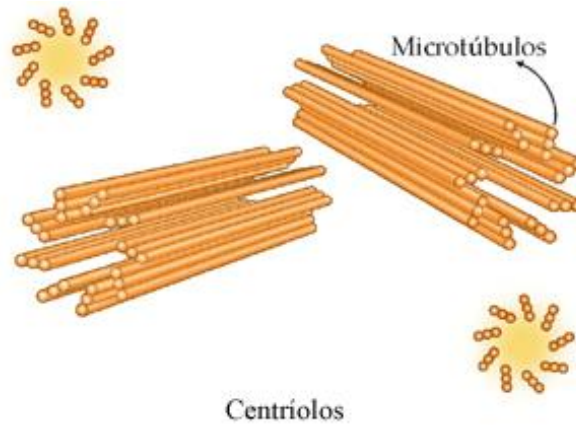
Os vacúolos preenchem um grande espaço do centro da célula vegetal. Eles estão delimitados por várias regiões do citoplasma, chamadas de tonoplasto. No interior dos vacúolos há uma mistura líquida de várias substâncias, denominada suco vacuolar. Quanto mais jovens for a célula, mais ela terá vacúolos pequenos e difundidos. As células mais velhas possuem apenas um vacúolo grande. Isso quer dizer que conforme o passar do tempo os vacúolos existentes na célula vão se juntando e formam apenas um vacúolo grande, localizado na parte central da célula. Desempenham a função de armazenamento de substâncias, como glicose, vitaminas, sais, proteínas, hormônios, etc., além de controlar a pressão osmótica da célula vegetal.

3.2.9. Centríolos:

Centríolos ou centros celulares são feixes curtos de microtúbulos localizados no citoplasma das células eucariontes, ausentes em alguns protistas, gimnospermas, angiospermas e fungos. Normalmente, as células possuem um par de centríolos posicionados lado a lado ou posicionados perpendicularmente. São constituídos por nove túbulos triplos ligados entre si, formando um tipo de cilindro. Suas principais funções são:

→ origem a flagelos e cílios que efetuam o movimento em certos tipos celulares e organismos protistas.

→ formação das fibras do fuso que atuam na separação dos cromossomos nos diferentes tipos de divisão celular.

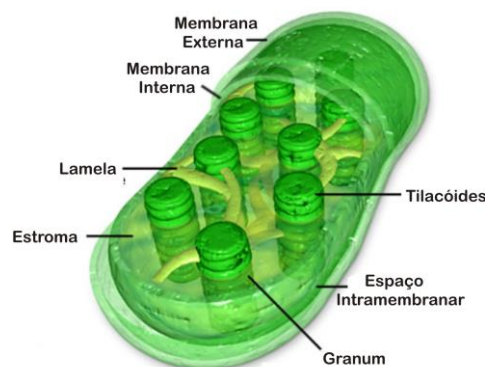


3.2.10. Plastídeos:

Plastídeos ou pastos são estruturas presentes somente na célula vegetal. São classificados em:

→ Leucoplastos: pastos que não apresentam pigmentos e possuem a função de armazenar reservas. Como exemplos temos os amiloplastos da batata (armazenam amido) e os oleoplastos de sementes (armazenam lipídios).

→ Cromoplastos: pastos repletos de pigmentos. Absorvem a luz e garantem a produção do alimento vegetal através da fotossíntese. Os principais cromoplastos são os cloroplastos (de cor verde, possuem como principal pigmento a clorofila).

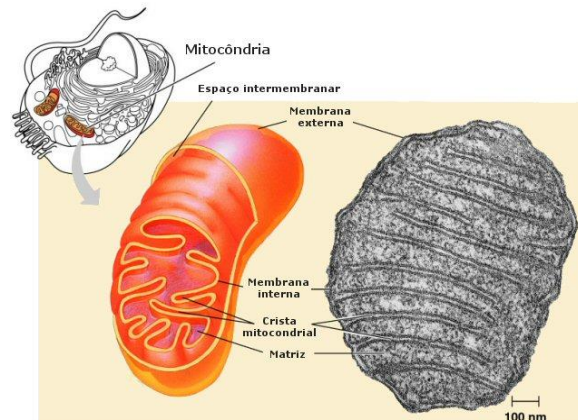


Cloroplasto: A clorofila é armazenada nos tilacóides (granum) – local em que ocorre a fase clara da fotossíntese. No estroma se localizam os ribossomos, DNA e enzimas responsáveis pela fase escura da fotossíntese.

3.2.11. Mitocôndrias:

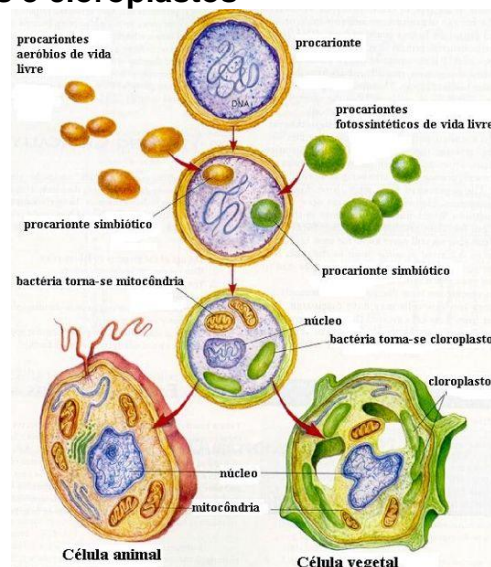
São organelas comuns às células animal e vegetal sendo a sede da respiração celular aeróbia. São as grandes responsáveis pela produção de energia no interior da célula. Bastante numerosas principalmente em células onde a demanda por energia for muito grande (por exemplo, células nervosas e do coração, que tem atividade ininterrupta).

Mitocôndrias possuem DNA próprio e a herança deste DNA possui uma peculiaridade. Como as mitocôndrias do espermatozoide se localizam próximo a cauda, normalmente elas permanecem fora do óvulo durante a fecundação, desta forma todo o DNA mitocondrial do zigoto tem origem materna. Esta teoria se denomina “Eva mitocondrial”, referindo-se a herança matrilinea deste tipo de DNA.



Mitocôndria: Na matriz mitocondrial se encontram os ribossomos, DNA e as enzimas que participam do ciclo de Krebs. Nas cristas mitocondriais transportadores de elétrons garantem a realização da fosforilação oxidativa.

Obs.: Origem de mitocôndrias e cloroplastos



A Teoria da Endossimbiose, também conhecida como Endossimbiose Sequencial, proposta por Lynn Margulis, propõe que organelas ou organoides, que compõem as células eucariontes tenham surgido como consequência de uma associação simbiótica estável entre organismos. Mais especificamente, esta teoria postula que os cloroplastos e

mitocôndrias dos organismos eucariontes (com um verdadeiro núcleo celular) têm origem em bactérias. Provavelmente um antepassado das cianobactérias atuais originou os cloroplastos - vivendo em simbiose dentro de outro organismo, também unicelular, mas provavelmente de maiores dimensões, obtendo assim proteção e fornecendo ao hospedeiro a energia fornecida pela fotossíntese. Da mesma forma uma protobactéria deve ter originado as mitocôndrias.

As principais características de mitocôndrias e cloroplastos que suportam esta teoria são:

- Capacidade de autoduplicação.
- DNA próprio. O material genético destas organelas é próprio e é formado por um cromossomo circular (assim como o das bactérias).
- Síntese proteica própria realizada por ribossomos 70s.
- Membrana dupla.

Ácidos Nucleicos

1. OS ÁCIDOS NUCLEICOS

Na natureza há dois tipos de ácidos nucleicos: DNA ou ácido desoxirribonucleico e RNA ou ácido ribonucleico. Analogamente a um sistema de comunicação, essas informações são mantidas dentro da célula armazenando as informações que regularão a expressão de suas características,

Em sua estrutura primária, os ácidos nucleicos (DNA e RNA) podem ser vistos como uma cadeia linear composta de unidades químicas simples chamadas nucleotídeos. Um nucleotídeo é um composto químico e possui três partes: um grupo fosfato, uma pentose (molécula de açúcar com cinco carbonos) e uma base orgânica.

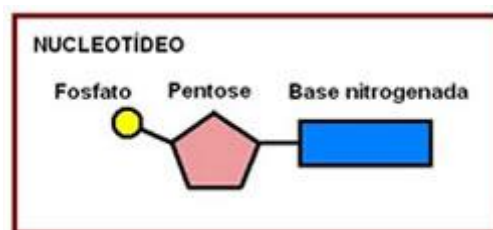
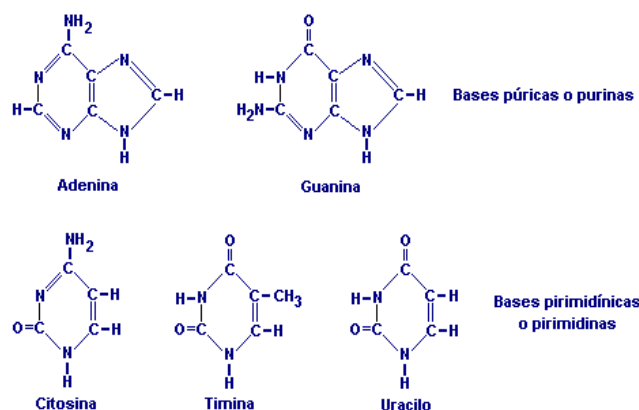


Figura esquemática de um nucleotídeo

Nas moléculas de DNA a pentose é uma desoxirribose enquanto que nas moléculas de RNA a pentose é uma ribose. A base orgânica, também conhecida como base nitrogenada, é quem caracteriza cada um dos nucleotídeos, sendo comum o uso tanto do termo sequência de nucleotídeos quanto o termo sequência de bases. As bases são adenina (A), guanina (G), citosina (C), timina (T) e uracila (U), sendo as duas primeiras chamadas de purinas e as três últimas chamadas de pirimidinas. No DNA são encontradas as bases A, G, C e T. No RNA encontra-se a base U ao invés da base T.



1.1. DNA

É um polímero de desoxirribonucleotídeos, sendo este formado por uma desoxirribose (pentose), um grupamento fosfato e as bases: timina, adenina, citosina e guanina. A ligação estabelecida entre os monômeros é estabelecida entre o C₃ e o C₅, formando uma fita polarizada, que apresenta um terminal 5' PO₄⁻ e outro 3' OH livre.

O DNA é composto por um filamento duplo, onde as ligações fosfodiéster dos filamentos pareados não são diametralmente opostas, isto gera uma forte tensão na molécula fazendo com que ela assuma uma configuração em α -hélice. Além do fato citado, as fitas são opostas (antiparalelas), e mantidas por um alto grau de especificidade no pareamento de bases, sendo o número de adeninas será sempre igual ao número de timinas (mantém-se unidas por duas pontes de hidrogênio), e o número de guaninas igual ao de citosinas (mantém-se unidas por três pontes de hidrogênio).

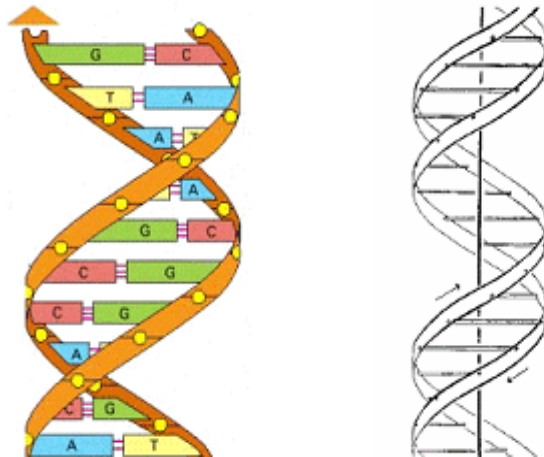


Figura esquemática de uma molécula de DNA mostrando seu pareamento das bases nitrogenadas

1.2. RNA

O ácido ribonucleico é um polímero de ribonucleotídeos, sendo este formado por uma ribose (pentose), um grupamento fosfato e as bases: adenina, citosina, guanina e uracila (esta substitui a timina no par com a adenina). Nas células, é produzido a partir de um molde de DNA no núcleo, seguindo ao citoplasma onde exercerá seu papel de síntese proteica.

Existem três tipos básicos de RNA com funções distintas no processo de síntese proteica:

- **RNA_m (mensageiro):** Contém a informação que determina a sequência de aminoácidos na proteína (estrutura primária).
- **RNA_t (transportador):** Transporta os aminoácidos que serão adicionados na proteína aos ribossomos.
- **RNA_r (ribossômico):** Compõe a estrutura do ribossomo, responsável por formar as ligações peptídicas.

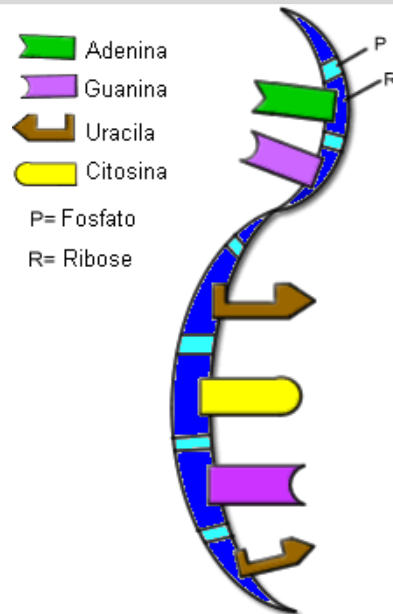
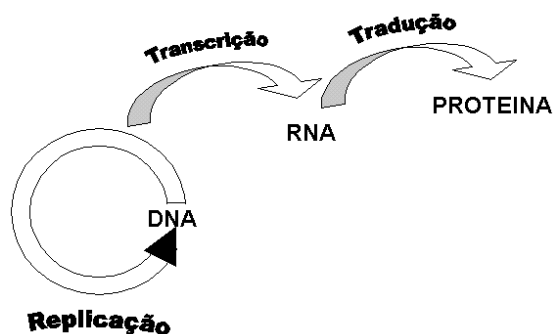


Figura esquemática de um RNA. Note que por ser de fita única, o número de adeninas e uracilas não é necessariamente o mesmo, da mesma forma que o número de citosinas e guaninas.

2. ANABOLISMO NUCLEAR E SÍNTESE PROTEICA

Francis Crick, um dos descobridores do DNA, elaborou em 1958 o chamado Dogma Central da Biologia Molecular – mostrando como os seres vivos como um todo armazenam e expressam suas informações genéticas.

O dogma central resume-se a molécula de DNA – que pode se replicar dando origem a novas moléculas de DNA, e pode ainda ser transcrito em RNA, que por sua vez traduz o código genético em proteínas.



Dogma central da Biologia molecular

2.1. Replicação ou autoduplicação

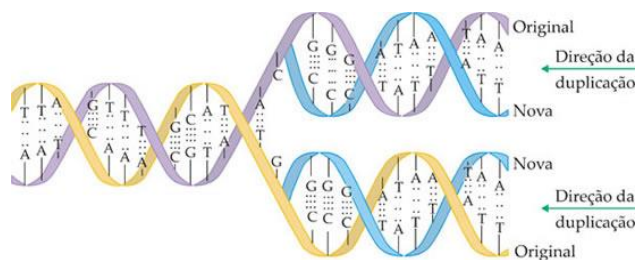
Para iniciar a replicação do DNA é necessário expor o filamento molde, havendo a necessidade de reduzir a tensão molécula que se encontra na forma de α -hélice. Para que isso aconteça, a enzima “DNA Girase” deve apresentar uma alta atividade, adicionando giros negativos, ou seja, desenrolando a fita dupla de DNA. Quando o filamento estiver estendido, a “DNA Helicase” entra

em ação, quebrando as pontes de hidrogênio estabelecidas entre os pares de bases complementares.

A enzima que adiciona nucleotídeos na forquilha de replicação é chamada de “DNA Polimerase”. Existem vários tipos de DNA polimerases que adicionam nucleotídeos a fita exposta de DNA e realizam reparos em possíveis erros da autoduplicação (mutações).

Como a adição de nucleotídeos pela DNA Polimerase, ocorre somente na extremidade 3', o alongamento da nova fita ocorre no sentido 5' → 3', ocorrendo de forma antiparalela em ambas as fitas de DNA.

Como cada “nova” molécula de DNA formada, haverá sempre uma fita antiga (molde) ligada a uma fita nova recém produzida, a autoduplicação é classificada como semiconservativa.

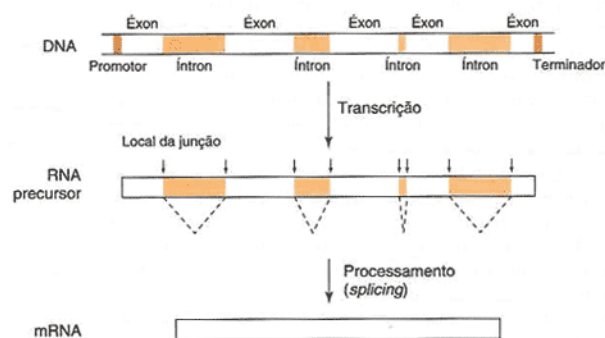


Cada DNA produzido sempre possui uma fita original ligada a uma fita recém produzida

2.2. Transcrição

Para dar início a síntese de proteínas é necessário que o DNA seja desenrolado para servir como molde na síntese de RNA. A enzima que catalisa a formação do transcrito é conhecida como “RNA Polimerase”. Diferentemente da autoduplicação, na transcrição somente uma das fitas do DNA estará ativa produzindo o RNA.

A transcrição é um evento que ocorre no núcleo da célula e forma um “pré-RNAm”, conhecido como “Transcrito Primário” que passará por um processamento adicional para configurar o RNAm. Este processamento (*splicing*) ocorre somente em eucariotos e consiste em remover as regiões não-codificantes (*íntrons*), mantendo somente os éxons (regiões que serão expressas).



O splicing do transcripto primário origina o RNAm

2.3. Tradução

A tradução é o processo de síntese ou fabricação de proteínas (ligação da cadeia de aminoácidos). Para a fabricação das proteínas é necessário que estruturas celulares chamadas ribossomos decodifiquem a mensagem contida na molécula de RNAm (RNA mensageiro) para uma cadeia de aminoácidos. A decodificação está baseada em trinças de nucleotídeos, chamadas códons, que são usados para especificar o aminoácido. A correspondência entre uma trinca de nucleotídeos e um aminoácido é chamada de código genético.

Combinando os quatro tipos de nucleotídeos (A,U,C,G) em trinças obtemos 64 combinações. Como o número de códons é superior ao número de aminoácidos existentes (20), mais do que um códon diferente pode representar um mesmo aminoácido, porém cada códon codifica sempre o mesmo tipo de aminoácido (o código genético é degenerado).

Um exemplo desta degeneração é o aminoácido prolina. Pela observação do quadro de códons abaixo, vemos que o códon CCU sempre insere a Fenilalanina, mas este mesmo aminoácido pode ser inserido também pelos códons CCA, CCC e CCG.

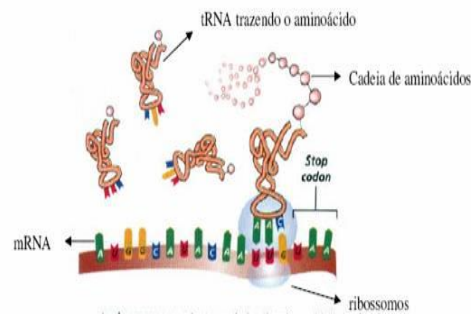
Dentre os códons possíveis, 3 não especificam aminoácidos, e referem-se a sinais de terminação da síntese de uma cadeia de aminoácidos. Esses códons são chamados de códons de parada (stop códons). O código genético estabelece também um códon de iniciação (start códon), pelo qual começa o processo de tradução do RNAm (AUG que codifica o aminoácido metionina).

CÓDONS - m RNA

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

O código genético é “universal”, pois com raras exceções é o mesmo em todos os seres vivos.

De maneira resumida, o processo de tradução é realizado da seguinte maneira: ao combinar-se com os ribossomos, o RNAm tem sua sequência de códons lida, e para cada códon o respectivo RNAt é atraído até os ribossomos, e pela complementaridade de bases é feita a ligação entre o códon (do RNAm) e o anticódon (do RNAt), liberando o aminoácido carregado pelo RNAt que é então ligado à cadeia crescente do polipeptídeo. A síntese da proteína é encerrada quando os ribossomos encontram um códon de parada no RNAm.



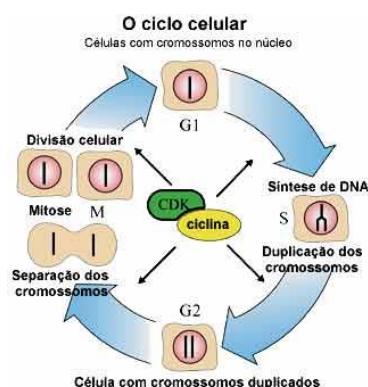
Esquema simplificado da síntese proteica

3. CICLO CELULAR

As células passam por diversas etapas durante seu desenvolvimento, tais como, crescimento e divisão. Estas etapas são cíclicas. Assim, o ciclo celular representa o ciclo vital da célula e é dividido em duas fases: Interfase e divisão celular (mitose e meiose).

A interfase consiste em um período entre as divisões celulares. Embora seja um momento em que a célula não está em divisão, muitos eventos importantes estão acontecendo em seu interior. Estes eventos foram divididos didaticamente em outras subetapas, conhecidas pelos seguintes nomes: fase G1, fase S e fase G2.

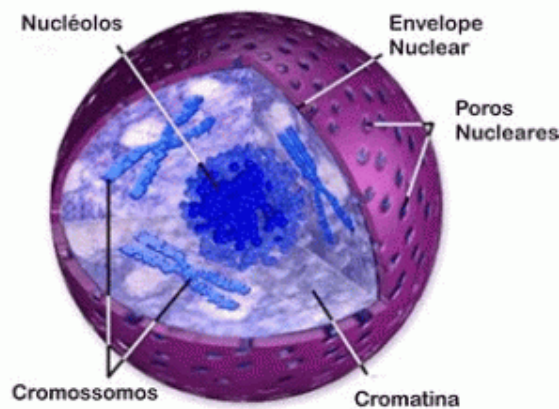
- **G1:** É conhecida como fase de crescimento, onde ocorre a síntese intensa de várias moléculas importantes para a sobrevivência da célula, como proteínas estruturais, enzimas e RNA. É na fase de G1 que a célula realiza as suas principais funções (ex.: hepatócito – desintoxicação).
- **S:** Nesta fase o principal evento é a duplicação do material genético e dos centríolos.
- **G2:** É chamada de fase de preparação, pois nela ocorre a síntese de moléculas que serão utilizadas no processo de divisão celular.



Esquema demonstrando o ciclo celular e seus principais reguladores

No núcleo interfásico podem ser descritas diversas estruturas que somente são visualizadas nesta etapa do ciclo celular:

- **Membrana nuclear (cariomembrana ou carioteca):** Membrana dupla, porosa e apresenta ribossomos aderidos. Através dos seus poros as macromoléculas podem migrar entre o núcleo e o citoplasma (ex.: RNA e proteínas)
- **Carioplasma (nucleoplasma ou cariolinfa):** Gel proteico encontrado dentro do núcleo; nele estão imersos os componentes nucleares.
- **Nucléolo:** Região do núcleo que armazena RNAr (ribossômico), e inicia a montagem dos ribossomos.
- **Cromatina:** Conjunto de moléculas de DNA que se encontram na forma desespiralizada, pouco condensada ao redor das histonas (proteínas de caráter básico). A cromatina pode ser dividida em heterocromatina (muito espiralizada = pouco ativa) e eucromatina (pouco espiralizada = muito ativa).



Desenho esquemático do núcleo interfásico. Os cromossomos somente são formados durante a divisão celular.

3.1. Conceitos básicos em divisão celular

A fim de facilitar o entendimento dos processos de divisão mitótica e meiótica, alguns conceitos prévios mostram-se bastante importantes:

- **Cromossomos**

Os cromossomos nada mais são que moléculas de DNA na forma espiralizada, enroladas em proteínas, chamadas de histonas, como linha em carretel. O mesmo material genético encontrado na forma de cromatina durante a interfase se espiraliza formando os cromossomos durante a divisão celular.

O número de cromossomos é constante em indivíduos da mesma espécie e variável em indivíduos de espécies diferentes.

Ex.: Homem = 46 cromossomos; macaco = 48 cromossomos; cachorro = 38 cromossomos.

Quando um ser vivo possui dois cromossomos de cada tipo (um proveniente do pai e outro da

mãe) dentro da célula dizemos que ele é diploide e podemos representar seu número de cromossomos como "2n". Nossas células somáticas são diploides possuindo 46 cromossomos.

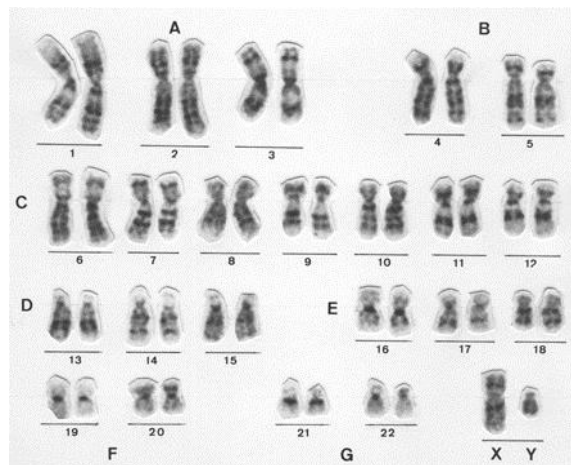
Alguns seres vivos e algumas de nossas células (ex.: gametas) possuem apenas uma cópia de cada cromossomo e são chamadas de haploides, ou seja, possuem "n" cromossomos (na espécie humana $n=23$ cromossomos).

- **Cariótipo**

O conjunto de cromossomos das células somáticas (diploides) denomina-se cariótipo. Na espécie humana os 46 cromossomos se distribuem em 22 pares de cromossomos autossômicos, e 1 par de cromossomos sexuais (composto pelo cromossomo X e Y), que atuam na determinação do sexo e sobre as características sexuais. Homens são $2n=44A + XY$ e mulheres são $2n=44A + XX$.

- **Genoma**

O genoma de um organismo é uma sequência de DNA completa de um conjunto de cromossomos; por exemplo, um dos dois conjuntos que um indivíduo diploide contém em cada uma das suas células somáticas (ou seja, seu conjunto haploide de cromossomos). Quando se diz que o genoma de uma espécie que se reproduz sexualmente foi "sequenciado", normalmente está a referir-se à determinação das sequências de um conjunto de autossomos e de um de cada tipo de cromossomo sexual, que determinam o sexo.

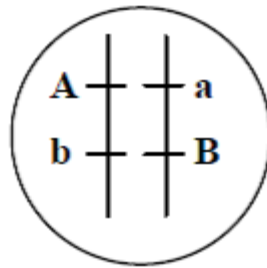


Idiograma (fotografia do cariótipo) de um homem normal

- **Cromossomos homólogos**

Cromossomos homólogos ou cromossomas homólogos são pares de cromossomos (do grego homólogos = igual, semelhante) que só existem nas células somáticas das espécies diploides.

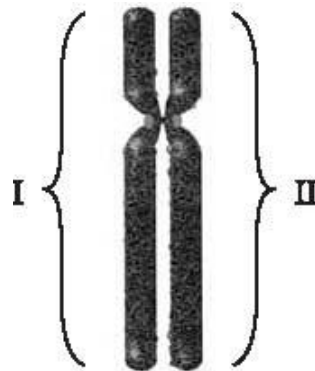
Num par, os dois homólogos possuem genes para os mesmos caracteres. Esses genes têm localização idêntica nos dois cromossomos (genes alelos). Além disso, cromossomos homólogos possuem também o mesmo tamanho e posição do centrômero. Na célula-ovo ou zigoto, um cromossomo vem do espermatozoide e o seu homólogo vem do óvulo.



Cromossomos homólogos possuem mesmo tamanho e sequência gênica mas não são obrigatoriamente iguais

- **Cromátides irmãs:**

Durante a fase S da interfase o material genético é duplicado, logo no início da divisão celular cada cromossomo encontra-se duplicado formado por duas cromátides irmãs inicialmente idênticas entre si.



Cromátides-irmãs (I e II) unidas pelo centrômero

4. MITOSE

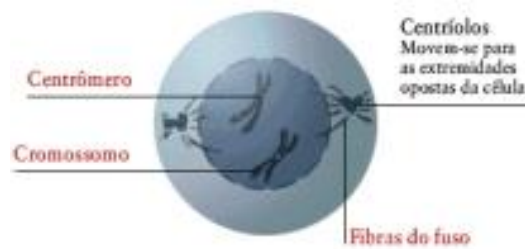
Todas as nossas células originam-se a partir de uma única, célula-ovo ou zigoto, através de múltiplas divisões celulares, sendo todas cópias idênticas da original. A mitose é a divisão responsável por este processo de clonagem, em que uma célula mãe origina duas células filhas idênticas entre si.

Nos seres vivos, a mitose pode ocorrer tanto em células haploides (n) quanto em células diploides ($2n$). Na espécie humana a mitose ocorre nas células somáticas (corpóreas), ocorrendo somente em células diploides ($2n$).

A mitose pode ser dividida em quatro fases principais: prófase, metáfase, anáfase e telófase. São descritas abaixo as alterações sofridas pelas células durante o processo mitótico:

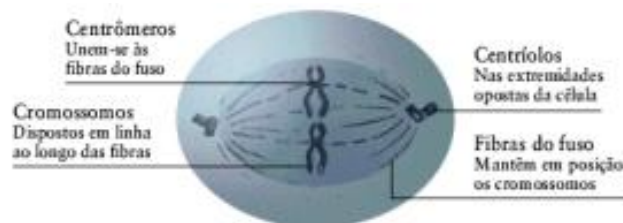
4.1. Prófase

A cromatina, que está difusa na interfase, vagarosamente condensa-se em cromossomos bem-definidos. Cada cromossomo foi duplicado durante a fase S precedente e consiste de duas cromátides irmãs; cada qual uma delas contendo uma sequência do DNA específica conhecida como centrômero, que é necessária para a separação adequada.



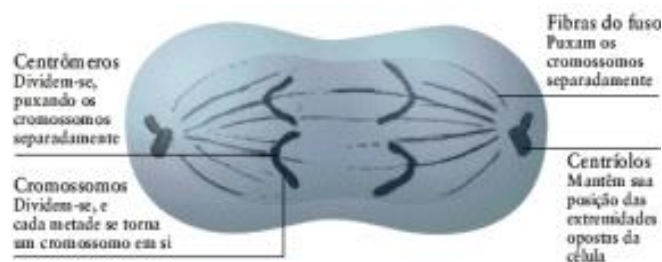
Os centríolos migram para os polos, e começam a organizar os microtúbulos citoplasmáticos gerando o fuso mitótico. A carioteca desaparece fundindo-se ao retículo endoplasmático e o nucléolo desaparece com o espalhamento dos ribossomos no citosol.

4.2. Metáfase



Os microtúbulos com cinetócoros eventualmente alinham os cromossomos em um plano a meio caminho dos polos do fuso. Cada cromossomo é mantido tensionado nesta placa metafásica (placa equatorial) pelos cinetócoros pareados e seus microtúbulos associados, os quais estão ligados a polos opostos do fuso. Cromossomos se encontram alinhados na metade da célula e centríolos se encontram nos polos.

4.3. Anáfase



A anáfase inicia quando os cinetócoros de cada cromossomo separam-se, permitindo que cada cromátide (agora chamada um cromossomo) seja lentamente movida em direção ao polo do fuso a sua frente. Logo o evento mais característico desta fase é a separação das cromátides irmãs.

4.4. Telófase

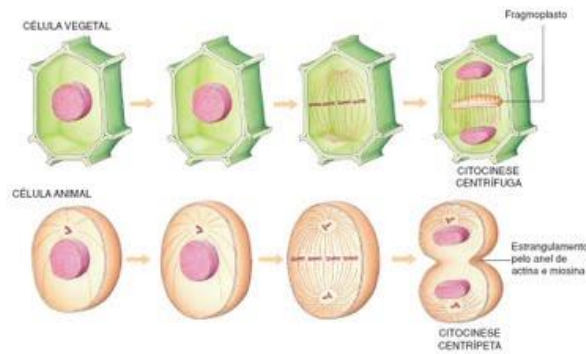
Na telófase, os cromossomos filhos separados chegam aos polos. O processo agora ocorre de forma inversa à prófase.



Os cromossomos condensados desespiralizam formando a cromatina. O nucléolo reaparece e com o reaparecimento da carioteca ocorre a formação de dois núcleos (cariocinese). No fim da telófase ocorre a separação dos citoplasmas (citocinese ou citodierése) que culmina com a formação de duas células filhas idênticas entre si.

Obs.: Célula vegetal

As diferenças básicas entre a mitose de uma célula animal e de uma célula vegetal, se dão pela ausência de centríolos na célula vegetal (divisão anastral), e por sua citocinese ocorrer do centro para a periferia (centrífuga) através da formação da lamela média pelo complexo golgiense.



Diferença da mitose animal e vegetal

5. MEIOSE

A meiose é um tipo de divisão celular, que em animais, determinará a formação de gametas, sendo dividida em duas etapas: a meiose I e a meiose II. Em plantas e algas a meiose também pode ocorrer na formação de esporos, ou mesmo em seu zigoto.

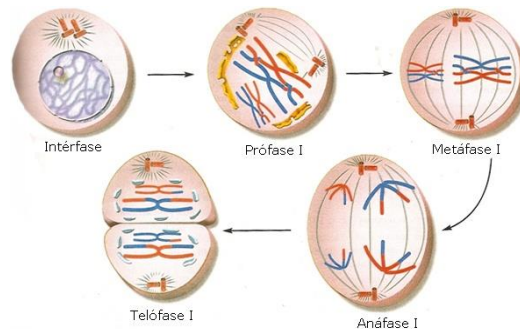
As principais diferenças da mitose para a mitose são:

	MITOSE	MEIOSE
LOCAL	CORPO	GÔNODAS
FUNÇÃO	REGENERAÇÃO/ FORMAÇÃO DO EMBRIÃO	GAMETAS
TIPO CELULAR	SOMÁTICAS	REPRODUTIVAS
NÚMERO CROMOSSÔMICO	2n	n
CÉLULAS FUNCIONAIS	2	4 OU 1
CÉLULAS FORMADAS	2	4
NÚMERO DE DIVISÕES	1	2
PLACA EQUATORIAL	ÚNICA	DUPLA
PAREAMENTO DOS HOMÓLOGOS	NÃO	SIM

A meiose I ocorre através da prófase I, metáfase I, anáfase I e telófase I.

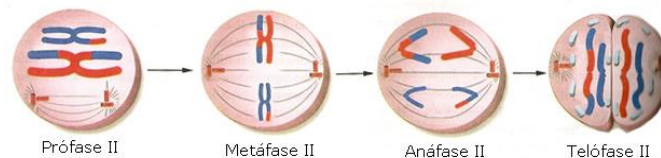
Na prófase I (a etapa mais longa), ocorre um evento totalmente diferente da mitose – o pareamento dos cromossomos homólogos. É graças a este pareamento que os cromossomos podem trocar segmentos através do crossing-over ou permutação.

Na metáfase I os cromossomos homólogos se encontram pareados na placa metafásica, permitindo que na anáfase I ocorra a separação dos cromossomos homólogos, que no fim da telófase I garante a formação de duas células haploides com o material genético ainda duplicado (meiose I = divisão reducional).



Etapas da meiose I – A permutação ocorre na prófase I e a separação dos cromossomos homólogos ocorre na anáfase I

A meiose II, pelo fato de estar separando as cromátides-irmãs, é muito semelhante a mitose. No fim desta divisão são formadas quatro células haploides diferentes entre si e diferentes da célula-mãe (meiose II = divisão equacional).



Etapas da meiose II – Ocorre a separação das cromátides-irmãs gerando quatro células filhas diferentes entre si.

Obs.: Variabilidade genética: A segregação independente dos cromossomos homólogos e a permutação (crossing over) determinam uma imensa variabilidade genética das células produzidas através da meiose. A ocorrência de meiose na produção de células reprodutivas (esporos ou gametas) é extremamente vantajosa aos seres vivos, uma vez que quanto maior for a variabilidade genética de um organismo, maior será seu valor adaptativo, pois se ocorre uma alteração no meio ambiente físico, maiores serão as chances dele resistir a esta mudança.

Metabolismo Energético

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas dos seres vivos é a obtenção de energia para as suas atividades. Como visto em módulos anteriores, de acordo com a teoria heterotrófica, os primeiros seres vivos seriam procariontes heterotróficos vivendo num meio aquático, de onde retirariam nutrientes, formados na atmosfera e acumulados nos lagos e oceanos primitivos.

Devido à sua grande simplicidade, estes seres utilizariam processos igualmente rudimentares de retirar energia dessas moléculas de que se alimentavam. Esse mecanismo seria, quase com certeza, semelhante à fermentação realizada ainda por muitos organismos atuais.

Há mais de 2 bilhões de anos, devem ter surgido os primeiros organismos autotróficos, procariontes ainda mas capazes de produzir o seu próprio alimento através da fotossíntese. Este processo revolucionário, além de permitir a sobrevivência dos autotróficos, também serviu os heterotróficos, que passaram a se alimentar deles.

A fotossíntese levou à acumulação de oxigênio na atmosfera terrestre, permitindo a algumas linhagens de procariontes utilizarem seu poder oxidante retirar muito mais energia dos nutrientes, através da respiração celular aeróbica.

Este módulo visa a descrever os principais processos de obtenção de energia pelos seres vivos – a respiração celular, a fermentação, a fotossíntese e a quimiossíntese.

1.1. Respiração celular

A energia contida no alimento não é transferida diretamente às células para a realização de um trabalho biológico. Portanto torna-se necessário que esta fração energética seja transferida para um composto nucleotídico rico em energia conhecido por trifosfato de adenosina (ATP). A energia potencial do ATP irá acionar todos os processos fisiológicos dependentes de energia.

Logo, podemos segmentar a geração de energia para a atividade em duas etapas, onde a primeira terá como objetivo extrair a energia potencial do alimento e conservá-la dentro das ligações do ATP, enquanto que a segunda irá remover e transferir a energia química do ATP para acionar o trabalho biológico.

A principal forma de obtenção de ATP pelas células é a respiração celular. Este processo ocorre de forma lenta e gradual pois desta forma maximiza-se a conversão da energia química do alimento (normalmente a glicose) em energia química do ATP, e minimiza-se a dissipação de energia na forma de calor.

Para que o processo de respiração ocorra é necessária a transferência gradativa de hidrogênios a transportadores (NAD e FAD) para que desta forma seja garantida a maciça produção de ATP pela célula.

São descritas a seguir as principais etapas da respiração celular: a glicólise, o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória.

1.1.1. Glicólise

A glicólise inicia a oxidação dos carboidratos, independentemente da quantidade de O_2 do meio, ocorrendo em meio citoplasmático e em todos os tecidos. Assim, observaremos a síntese de ATP e de outros intermediários metabólicos que poderão ser utilizados em outras vias. O esquema abaixo nos mostra a glicólise de forma simplificada destacando os produtos deste **processo**

O processo da glicólise é bastante complexo, mas o mais importante é ressaltar a sua importância na:

- Quebra inicial da glicose
- Produção de 2 ATP como saldo energético (são produzidos 4 ATP mas como são gastos 2 ATP no início do processo o saldo desta etapa é de somente 2 ATP).
- Transformação (redução) de 2 NAD em 2 NAD₂H (captação dos hidrogênios da glicose).
- Formação de 2 ácidos pirúvicos (piruvatos) que servirão como substrato da próxima etapa da respiração (ciclo de Krebs).

NÃO SE ESQUEÇA: A glicólise é anaeróbica e ocorre no citosol (hialoplasma)

1.1.2. Ciclo de Krebs ou ciclo do ácido cítrico

O ciclo de Krebs é executado na matriz da mitocôndria dos eucariotes com o objetivo de realizar uma completa descarboxilação e desidrogenação dos piruvatos.

Este ciclo inicia-se quando o piruvato que é sintetizado durante a glicólise é transformado em acetil CoA (coenzima A) por ação da enzima piruvato desidrogenase (etapa também chamada de fase preparatória). Este composto vai reagir com o oxaloacetato formando o citrato (ácido cítrico).

O citrato então passa por uma série de transformações químicas, perdendo dois grupos carboxila na forma de CO₂. Os carbonos liberados na forma de CO₂ são oriundos do oxaloacetato, e não diretamente do Acetil-CoA. Os carbonos doados pelo Acetil-CoA se tornam parte do oxaloacetato após o primeiro passo do ciclo do ácido cítrico.

A transformação dos carbonos doados pelo Acetil-CoA em CO₂ requer vários passos no ciclo de Krebs. No entanto, por causa do papel do ácido cítrico no anabolismo (síntese de substâncias orgânicas), ele pode não ser perdido já que muitas substâncias intermediárias do ciclo também são usadas como precursoras para a biossíntese em outras moléculas.

A maior parte da energia disponível graças ao processo oxidativo do ciclo é transferida por elétrons altamente energéticos que reduzem o NAD⁺, transformando-o em NADH.

Ao final do ciclo de Krebs teremos formado 4 NADH e 2 FADH₂, aceptores intermediários de hidrogênios que irão impulsionar um elevado ganho energético na cadeia respiratória, além de 2 ATP's e inúmeras moléculas de CO₂.

NÃO SE ESQUEÇA: O ciclo de Krebs é uma etapa aeróbica que ocorre na matriz mitocondrial. Nele ocorre uma completa descarboxilação e desidrogenação dos piruvatos. Seus produtos são NAD₂H, FAD₂H, ATP E CO₂.

1.1.3. Cadeia transportadora de elétrons, cadeia respiratória ou fosforilação oxidativa.

Esta representa a última etapa da respiração celular e ocorre na membrana mitocondrial interna (cristas mitocondriais) na presença de oxigênio, sendo responsável pela maior parte do ATP produzido na respiração celular.

De acordo com a hipótese quimiosmótica ("Hipótese de Mitchell") é através do fluxo de elétrons por transportadores localizados nas cristas mitocondriais que se forma um gradiente eletroquímico de prótons. Através do transporte de elétrons oriundos do NAD₂H e FAD₂H, é fornecida a energia necessária para o transporte de prótons (H⁺) da matriz mitocondrial para o espaço intermembranar. Desta forma, uma força próton-motriz é criada, gerando energia suficiente para formar ATP pela principal enzima da respiração: a "ATP sintase".

Após o transporte de elétrons pelas cristas mitocondriais, eles são conduzidos ao últimoceptor da cadeia respiratória – o oxigênio (O₂). Como o elétron ganha estes elétrons, ele acaba

funcionando também como último aceptor de prótons (H^+) na matriz mitocondrial. Com esta ligação ocorre a formação de H_2O e é evitado o acúmulo de H^+ na célula, o que caso ocorresse promoveria a acidose metabólica e, conseqüentemente, a morte celular.

NÃO ESQUEÇA: A cadeia respiratória é uma etapa aeróbica que ocorre na matriz mitocondrial. Nele ocorre a maior produção de ATP. O oxigênio é o último a participar do processo, formando a água e evitando a acidose celular.

Obs.: Inibidores do transporte de elétrons: Algumas drogas interagem com as proteínas transportadoras de elétrons, impedindo a formação do gradiente eletroquímico de prótons e a síntese de ATP. Um dos mais conhecidos inibidores é o cianeto, que ao se ligar ao citocromo c, interrompe o transporte de elétrons da cadeia respiratória.

A toxicidade do íon cianeto (HCN) é conhecida há mais de dois séculos; porém, os compostos que contêm cianeto são tóxicos somente se liberarem HCN numa reação. Sem dúvida alguma, o ácido cianídrico ou ácido prússico é o veneno de ação mais rápida que se conhece.

Muitos autores e histórias policiais têm utilizado, em suas obras, os cianetos de sódio ou potássio para provocar mortes misteriosas de alguns personagens. Na literatura de espionagem, por exemplo, que esteve muito em moda a partir da 2ª Guerra Mundial até o fim da Guerra Fria, os espiões tinham uma cápsula desses sais embutida em cavidades dentárias. Quando presos pelo inimigo, os espiões deveriam ingerir a cápsula, a fim de evitar, pela própria morte, a revelação dos segredos durante o interrogatório.

O ácido cianídrico, devido à sua ação rápida, foi utilizado por muito tempo como inseticida e raticida na fumigação de navios e, também, para eliminar toupeiras que infestavam algumas plantações. Ainda hoje, em alguns estados dos EUA, ele é usado nas câmaras de gás, na execução de prisioneiros condenados à morte.

1.2. Fermentação

A fermentação é um processo biológico anaeróbico (na ausência de oxigênio) de obtenção de energia metabólica (síntese de ATP), a partir da degradação incompleta de substâncias orgânicas, resultando em uma disponibilidade energética inferior se comparada à respiração aeróbia.

Por muito tempo a fermentação foi considerada como respiração anaeróbica, porém esta associação é errônea. Na verdade a fermentação é um mecanismo de reoxidação dos NAD^+ , devolvendo os H^+ ao piruvato, mantendo a glicólise em anaerobiose. Nesse mecanismo não ocorrem o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória, sendo o aceptor final de hidrogênio (próton H^+) é um composto orgânico e não mais o oxigênio.

Uma vez que na fermentação o ATP produzido origina-se da glicólise, seu rendimento energético é de somente 2 ATP para cada glicose quebrada, rendimento bastante inferior aos mais de 30 ATP produzidos na respiração aeróbica.

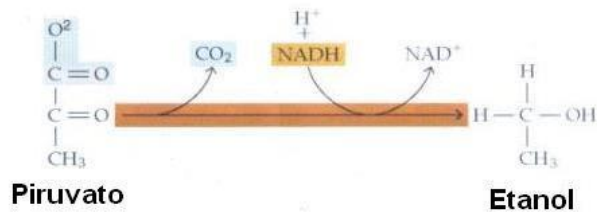
Algumas células como as de fungos, bactérias e nossas células musculares podem facultar entre o metabolismo aeróbico e anaeróbico (fermentativo), o processo fermentativo ocorrerá conforme as condições do meio (falta de O_2) ou em situações requeridas pelo potencial do próprio organismo (ex.: atividade muscular intensa).

Os principais tipos de fermentação são:

→ **Fermentação alcoólica:** Normalmente realizado por fungos (leveduras: *Saccharomyces cerevisiae* / levedo de cerveja ou fermento de padaria), empregado na fabricação de vinhos,

cervejas e pão. O glicídio é fermentado produzindo duas moléculas de piruvato, dois ATPs e duas moléculas de NADH, seguindo com a degradação do piruvato até a obtenção de álcool (etílico ou etanol) e gás carbônico.

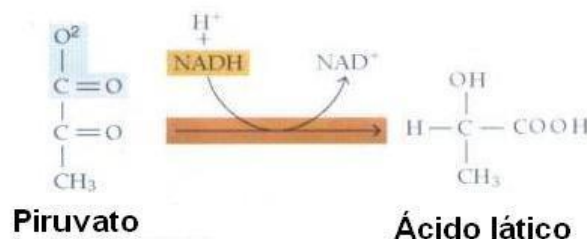
A produção de etanol combustível e bebidas alcoólicas depende desta fermentação. A produção do pão depende do CO₂ produzido no interior da massa para que o pão cresça.



Reação simplificada da fermentação alcoólica

→ **Fermentação láctica:** Mecanismo realizado por bactérias que fermentam o leite, processando seus derivados (iogurte, queijo e coalhada).

O glicídio é fermentado produzindo duas moléculas de piruvato, dois ATPs e duas moléculas de NADH, prosseguindo a reação com a transformação do piruvato em ácido láctico.



Reação simplificada da fermentação láctica

O lactato é o produto final da glicólise anaeróbica, ocorrendo nos tecidos humanos que estão submetidos a uma baixa pressão de O₂, ou nos que não apresentarem mitocôndrias. Assim, a via é evidente no tecido cartilaginoso, nos eritrócitos, nas células do cristalino, na medula renal, nos testículos e nos leucócitos.

Durante o exercício intenso, o lactato tende a se acumular, gerando uma redução do pH citoplasmático levando a fadiga muscular. Com o passar do tempo esse lactato será dissipado para o sistema sanguíneo, e futuramente será utilizado na gliconeogênese.

Atletas de atividade contínua (ex.: maratona) devem evitar o processo fermentativo uma vez que o excesso de ácido láctico pode causar o abandono da prova graças à fadiga muscular.

Atletas de atividade explosiva (ex.: musculação/ corrida de 100m) tem o predomínio da atividade fermentativa em seus músculos. Embora a fermentação gere menos ATP do que a atividade aeróbica por glicose quebrada, como seu processo é mais rápido, ela garante uma disponibilidade energética imediata aos tecidos.

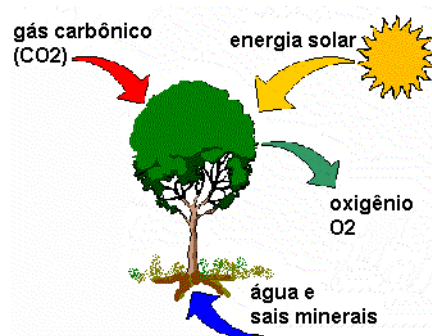
1.3. Fotossíntese

A vida na terra depende, em última análise, da energia proveniente do sol. A fotossíntese é o único processo de importância biológica que pode aproveitar essa energia. Pode-se ainda dizer que uma grande fração dos recursos energéticos do planeta resulta da atividade fotossintética em épocas recentes ou passadas (combustíveis fósseis).

O termo fotossíntese significa literalmente, “síntese utilizando a luz”. Como será visto, os organismos utilizam a energia solar para sintetizar compostos carbonados que não poderiam ser formados sem a adição de energia. Mais especificamente, a energia luminosa dirige a síntese de carboidratos a partir de dióxido de carbono e água, havendo liberação de oxigênio.

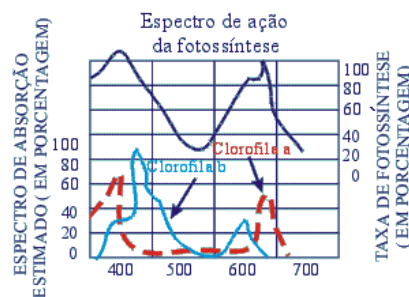


A energia armazenada nessas moléculas pode ser utilizada mais tarde para impulsionar processos celulares na planta e servir como fonte de energia para todas as formas de vida que a acessarão através da cadeia alimentar.



Fotossíntese: além de liberar O_2 a todos os aeróbicos, também garante a base da maioria das cadeias alimentares.

A energia luminosa é absorvida pelos pigmentos da planta, sendo encontrados nos seus estados ativos nos cloroplastos. Os pigmentos fotossintéticos absorvem comprimentos de onda específicos da luz visível. O pigmento mais abundante – a clorofila utiliza principalmente o espectro do vermelho e azul, refletindo a luz verde.



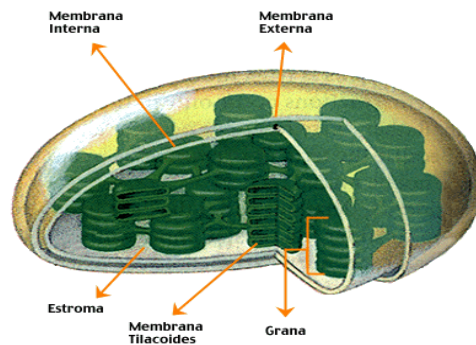
Utilização da luz (comprimento de onda) pela clorofila a e b.

1.3.1. Etapas da Fotossíntese

1.3.1.1. Etapa fotoquímica (fase clara):

A etapa fotoquímica ocorre exclusivamente nos tilacóides (grana), sendo subdividida em fotofosforilação cíclica e fotofosforilação acíclica. Nesta etapa a energia luminosa é convertida em energia química utilizada para a síntese de ATP e NADP 2H . Nela também ocorre a fotólise

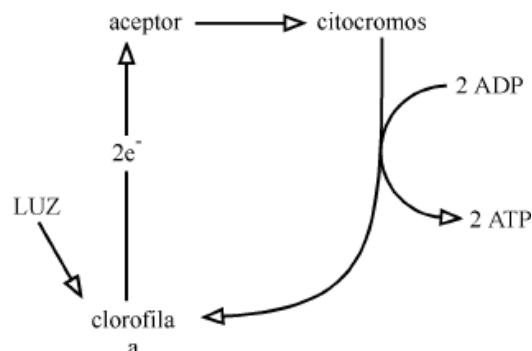
(quebra mediada pela luz) da molécula de H_2O , esta reação libera O_2 (oxigênio) para a atmosfera e fornece hidrogênios (H^+) ao NADP.



Cloroplasto: a fase clara ocorre nos tilacóides (grana) e a fase escura no estroma

→ **Fotofosforilação cíclica:**

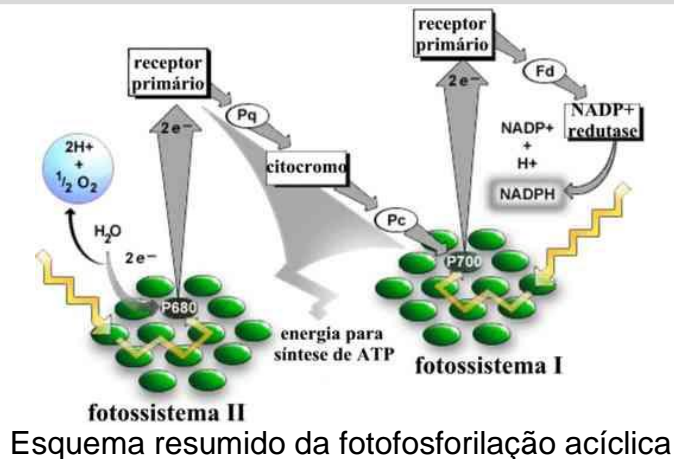
Envolve um conjunto de reações que irá determinar a fosforilação (adição de fosfato) do ADP, em função de um gradiente de concentração de prótons formado pelo fluxo cíclico de elétrons, que se inicia com a absorção de luz pela clorofila a (fotossistema I). Processo cíclico, pois os elétrons fornecidos pela clorofila aos transportadores retorna a própria clorofila a no fim de cada ciclo.



Esquema resumido da fotofosforilação cíclica

→ **Fotofosforilação acíclica:**

Envolve um conjunto de reações acopladas entre dois fotossistema distintos (clorofila a=fotossistema I e clorofila b=fotossistema II), que irão determinar a fosforilação do ADP, em função de um gradiente de concentração de prótons formado pelo fluxo acíclico de elétrons, que se inicia com a absorção de luz. Neste processo os elétrons da clorofila seguem ao NADP. Com este transporte a clorofila fica oxidada (menos elétrons) e o NADP reduzido (ganho de elétrons). A fim de equilibrar ambos, ocorre a fotólise da água, processo que fornece: elétrons à clorofila; H^+ aos NADP, transformando-o em NADP $2H$; e fornecendo O_2 à atmosfera.

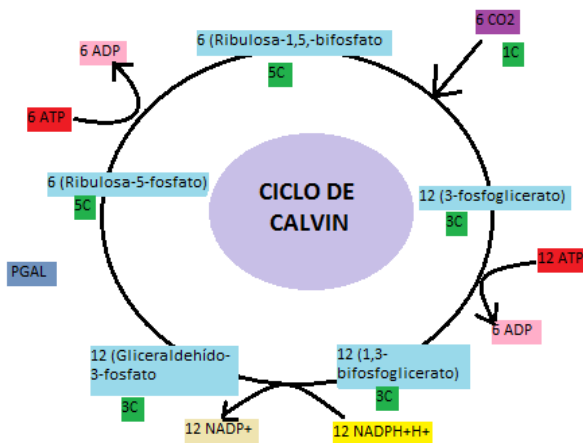


NÃO ESQUEÇA: A fase clara ocorre nos tilacóides e depende de forma direta da luz. Seus produtos são ATP, NADP2H e O₂. O oxigênio liberado pelas plantas se origina na molécula de H₂O

1.3.1.2. Etapa enzimática (fase escura):

Após a ocorrência da fase fotoquímica, seus produtos seguem ao estroma do cloroplasto para que os carboidratos como a glicose possam ser produzidos.

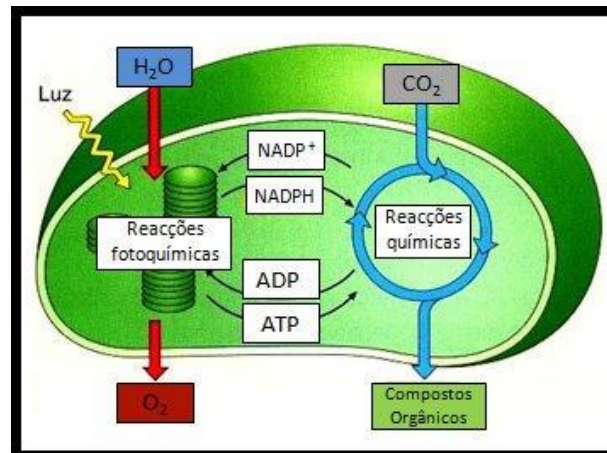
As principais reações da fase enzimática ocorrem no ciclo de Calvin-Benson. Neste ciclo, o CO₂ (oriundo da atmosfera), além de ATP e NADP2H (oriundos da fase clara) gerados nas reações luminosas, para produzir glicose. O diagrama a seguir mostra apenas as etapas decisivas deste processo:



A cada volta do ciclo 3 CO₂ são convertidos em uma molécula de PGAL (aldeído fosfoglicérico). A cada duas voltas se forma uma molécula de frutose 1,6 bifosfato que culminará com a formação da glicose.

NÃO ESQUEÇA: A fase escura ocorre no estroma e depende de forma indireta da luz. Nela ocorre a produção de glicose com a fixação de CO₂

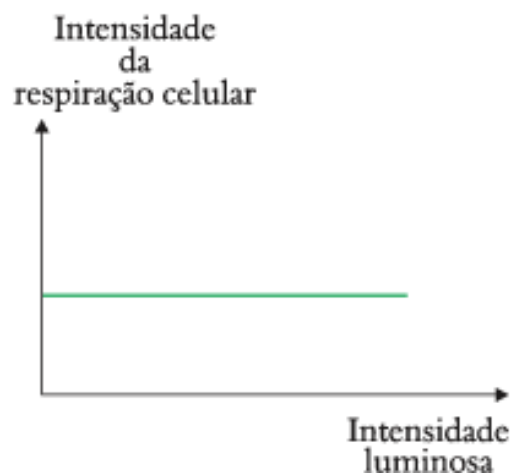
Embora a etapa fotoquímica e a enzimática também sejam denominadas de fase clara e fase escura, respectivamente, tais termos, no entanto são utilizados de forma inadequada. No escuro o vegetal não realiza fotossíntese, tendo em vista que para a fase escura ocorrer ela depende dos produtos da fase clara (ATP, NADP2H), logo sem luz nenhuma das duas fases poderá ocorrer. Observe o esquema abaixo que resume o processo de fotossíntese:



Esquema resumido da fotossíntese

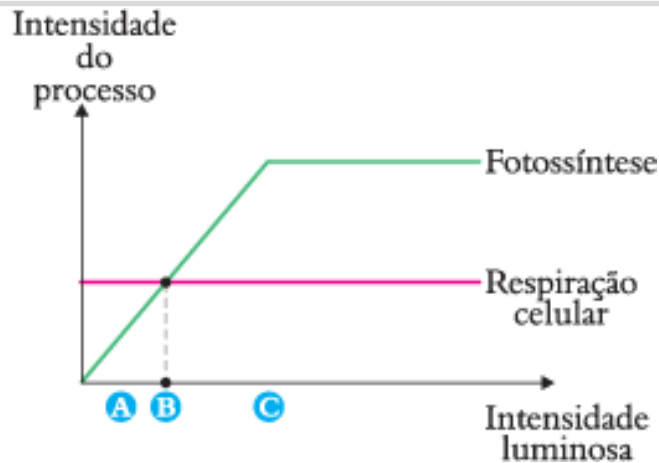
1.3.1.3. Fatores limitantes:

As células vegetais, assim como a enorme maioria das células vivas, realizam a respiração aeróbica, processo que absorve O_2 e elimina CO_2 . A intensidade desse processo não é influenciada pela luz, e a célula o realiza tanto no claro como no escuro.



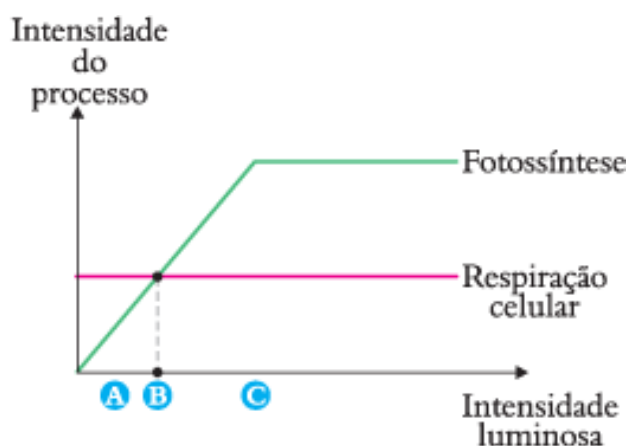
Já a intensidade da fotossíntese é influenciada pela luz. Com respeito às trocas gasosas, a fotossíntese tem papel inverso ao da respiração, pois absorve CO_2 e elimina O_2 .

Observe o gráfico abaixo:



Identificam-se, no gráfico, situações distintas:

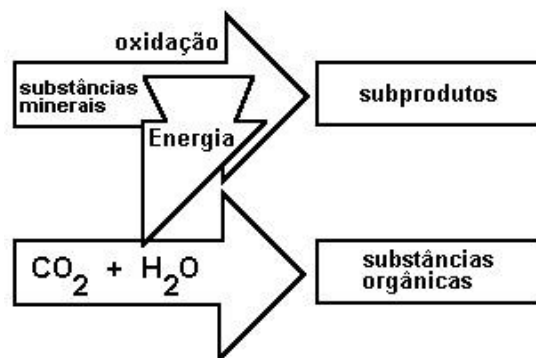
- Situação A: Sob baixa luminosidade, a intensidade da fotossíntese é pequena, de tal forma que a intensidade da respiração é superior a ela. Nessa situação, a planta absorve O_2 e elimina CO_2 para o meio ambiente.
- Situação B: Corresponde à intensidade luminosa na qual a intensidade da fotossíntese é exatamente igual à da respiração celular. Portanto, o oxigênio liberado pela fotossíntese é consumido na respiração celular, e CO_2 liberado na respiração celular é consumido na fotossíntese. Portanto, as trocas gasosas entre a planta e o ambiente são nulas. Esta intensidade luminosa é chamada Ponto de Compensação Luminoso ou Ponto de Compensação Fótico. As plantas que vivem preferencialmente em locais pouco iluminados (plantas umbrófilas ou “de sombra”) têm PCL baixo. Já as que vivem em locais bem iluminados (plantas heliófilas ou “de sol”) têm PCL elevado.
- Situação C: Sob intensa luminosidade, a fotossíntese predomina sobre a respiração. Assim, a planta absorve CO_2 e elimina O_2 para o ambiente. Como a produção de compostos orgânicos é superior ao consumo, nesta situação a planta cresce e incorpora matéria orgânica.



Obs.: Plantas CAM (metabolismo ácido das crassuláceas) ocupam, no geral, ambientes desérticos, onde o vegetal é constantemente submetido a um “stress hídrico”. O Metabolismo CAM (ex.: *Cactus*) permite às plantas melhorarem a eficiência do uso da água. Para minimizar a perda de H₂O, estas plantas abrem seus estômatos durante a noite, sendo o CO₂ capturado no citoplasma e utilizado para formar o Malato, estocado no vacúolo. Durante o dia, o Malato estocado é transportado para o cloroplasto e descarboxilado, liberando CO₂ que pode ser usado no ciclo de Calvin, mantendo o estômato fechado.

1.4. Quimiossíntese:

Algumas bactérias utilizam outra fonte de energia diferente da luz para a produção de alimentos. Ao contrário da fotossíntese, a quimiossíntese é realizada sem a necessidade da captação da energia luminosa, podendo então ser realizada em lugares inóspitos, como fundo de pântanos, por exemplo. O carbono utilizado no processo também é retirado do gás carbônico, entretanto, a energia para realização das reações de síntese provém da oxidação de compostos inorgânicos como amônia, ferro, nitrito e enxofre.



Esquema simplificado da quimiossíntese

Exemplo desse processo são as bactérias dos gêneros *Nitrossomas* e *Nitrobacter* que habitam o solo e desempenham o importante papel na reciclagem do nutriente nitrogênio.



Fumarolas negras no fundo do oceano são ecossistemas em que a base da cadeia alimentar é formada por bactérias quimiossintetizantes

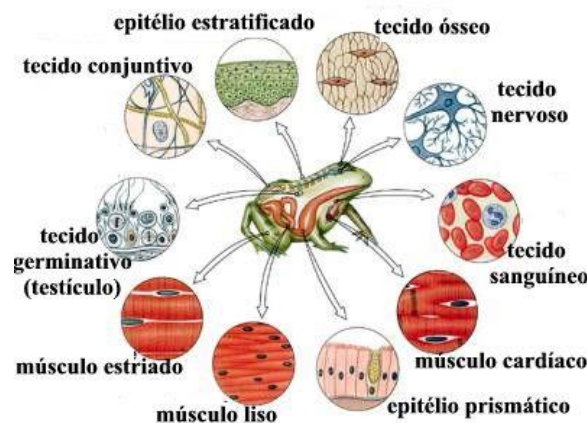
Outro exemplo são as bactérias dos gêneros *Beggiatoa* e *Thiobacillus*, que realizam seu metabolismo através das reações de oxidação de compostos de enxofre.

As bactérias quimiossintetizantes necessitam, para sua sobrevivência, apenas de um agente oxidante, de gás carbônico e de água, através dos quais conseguem produzir glicídios, por exemplo. As substâncias orgânicas produzidas serão utilizadas para a formação de novos compostos ou utilizadas no metabolismo, sendo degradadas para liberação de energia.

Histologia Animal

1. INTRODUÇÃO

A histologia é um campo da biologia que tem como principal objetivo estudar as características dos diversos tecidos. Todo tecido será composto por células específicas e por macromoléculas presentes no meio extracelular, ocupando grande parte do volume tecidual. Tais macromoléculas irão compor a matriz extracelular.



Os seres vivos pluricelulares são formados por diferentes tipos de tecidos

2. TECIDO EPITELIAL

O tecido epitelial é composto por células justapostas com forte adesão, sendo caracterizado por apresentar uma pequena quantidade de substância extracelular, restrita a uma fina lâmina na base do tecido – a lâmina (membrana) basal.

O tecido epitelial é um tecido avascular, ou seja, não possui vasos sanguíneos. Sua nutrição ocorre através do conjuntivo adjacente, por difusão através da membrana basal.

As células são mantidas unidas através de junções. As principais junções são os desmossomos, zônulas de aderência, zônulas de oclusão, junções comunicantes e os hemidesmossomos, que ligam as células epiteliais à lâmina basal. Via de regra, as junções empregam proteínas integrais de membrana, associadas ou não a elementos do citoesqueleto.

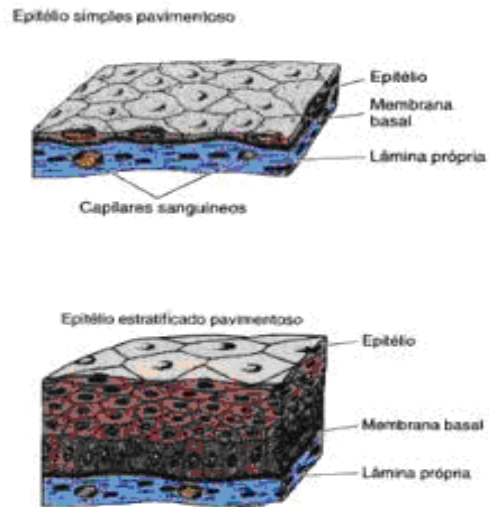
Suas células são pouco diferenciadas e apresentam alta taxa de divisão celular mitótica. Podem apresentar variável número de camadas e de formatos celulares.

Possui várias origens embrionárias, podendo ser classificado em epitelial de revestimento e de secreção.

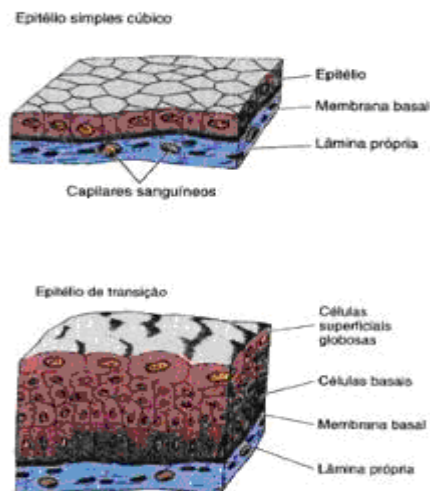
2.1. Epitélios de revestimento

Ocorrem revestindo externamente o corpo (epiderme) e internamente os órgãos (mucosas). O número de camadas destes tecidos varia principalmente em relação às suas funções: tecidos com função protetora usualmente possuem várias camadas (estratificado), já tecidos que promovem trocas de substâncias usualmente possuem uma única camada de células (simples).

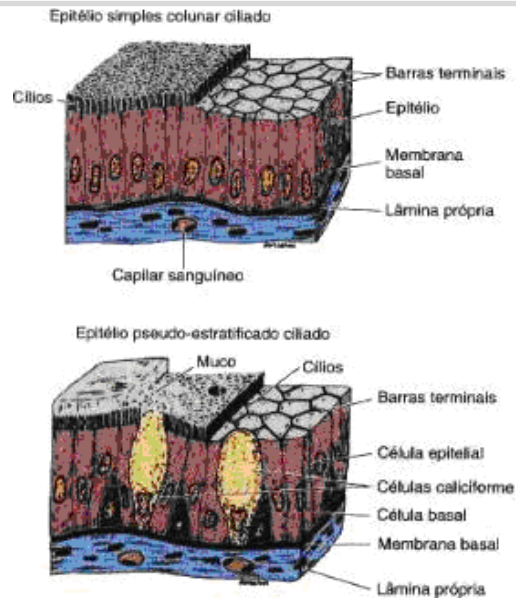
Estão representados abaixo os principais tipos de epitélios de revestimento:



Epitélios de revestimento pavimentoso: simples – endotélio capilar (vasos sanguíneos); estratificado – epiderme



Epitélios de revestimento: simples cúbico – rins; transição - bexiga



Epitélios de revestimento: simples ciliado – oviduto (tuba uterina); pseudo-estratificado – traqueia

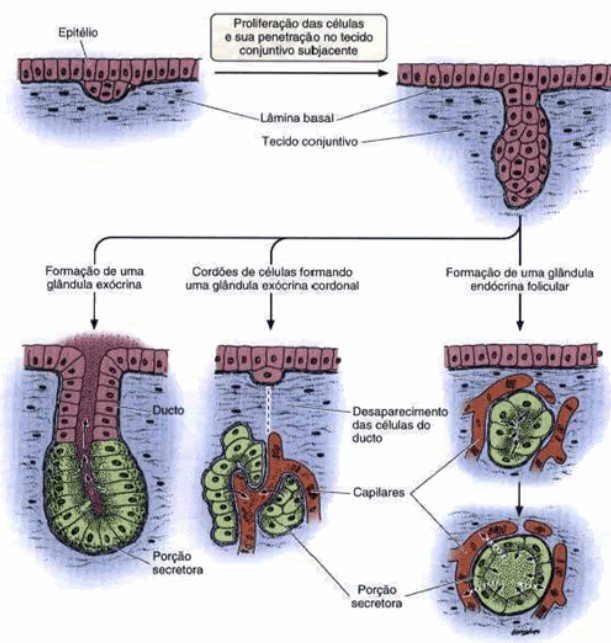
2.2. Epitélios de secreção

Formados por um conjunto de células especializadas cuja função é a produção e liberação de secreção.

As células secretoras de uma glândula são conhecidas como parênquima, enquanto que o tecido conjuntivo no interior da glândula e que sustenta as células secretoras, é denominado de estroma. O estroma sustenta também vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos. Alguns parâmetros são usados para classificar os diferentes tipos glandulares, como o local onde a secreção é lançada e a forma de secreção.

Quanto ao local de secreção, as glândulas são classificadas em:

- **Endócrinas:** As glândulas não possuem ductos e sua secreção vai para a corrente sanguínea, onde será distribuída para todo o corpo. A secreção endócrina é a secreção de mensageiros químicos (hormônios), os quais atuam sobre tecidos distantes do local de sua produção (ex.: hipófise).
- **Exócrinas:** As glândulas possuem ducto secretor que transportam a secreção produzida pela glândula para o meio externo (ex.: sudoríparas, lacrimais) seja a superfície do corpo ou para o interior (lúmen) de um órgão cavitário (ex.: salivares)
- **Mistas ou anfícrinas:** Possuem porção endócrina e exócrina (ex.: pâncreas, fígado)



Formação embrionária das glândulas exócrinas e endócrinas.

Quanto a forma de secreção, as glândulas são classificadas em:

- **Holócrina:** Neste tipo de glândula, a célula inteira morre e destaca-se constituindo a própria secreção da glândula (ex.: glândulas sebáceas).
- **Apócrina:** A secreção e uma microscópica parte do citoplasma são eliminadas para o meio externo (ex.: glândula mamária).
- **Merócrina:** A secreção elaborada pelas células secretoras é eliminada para o meio externo por um processo de exocitose, não havendo perda de material citoplasmático (ex.: ácidos serosos do pâncreas e células caliciformes, encontradas em todo o intestino e na traqueia).

3. TECIDO CONJUNTIVO

Apresenta como principal característica, uma grande quantidade de matriz extracelular sendo altamente vascularizado (exceto cartilagens) e innervado (exceto cartilagens). Todos os tecidos conjuntivos possuem origem no mesoderma embrionário, sendo as células mesenquimais as células-mãe que originam outras células conjuntivas.

Os tecidos conjuntivos (TC) possuem diversas funções sendo subdivididos em: propriamente dito, adiposo, cartilaginoso, ósseo, hematopoiético e sanguíneo.

3.1. Tecido conjuntivo propriamente dito:

Origina outros tecidos conjuntivos e preenche grande parte do organismo. Possui características que se repetem nos demais tecidos conjuntivos. Pode se apresentar de forma densa (derme, tendões, serosas) ou de forma frouxa (preenchimento de órgãos).

Sua substância intercelular é formada por uma parte amorfa (glicoproteínas, água, glicídios etc.) e por fibras proteicas. As principais fibras proteicas são:

- Colágenas: Determina uma grande resistência tecidual a forças de tensão.
- Reticulares (reticulina): colágeno em rede. Sustenta os tecidos.
- Elásticas: Fornecem grande flexibilidade aos tecidos. Formadas por elastina.

As principais células do TCPD são:

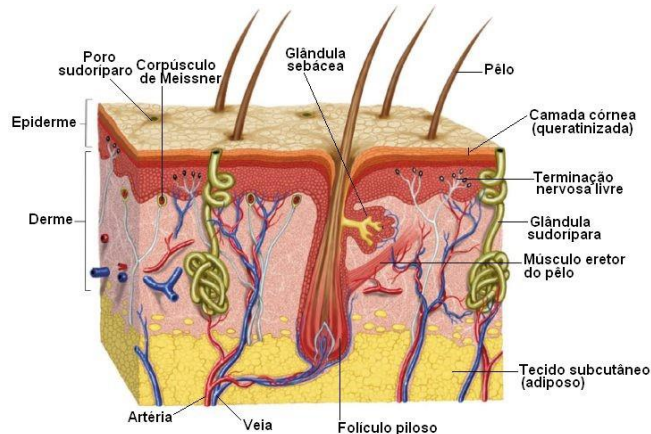
- **Fibroblasto:** São as células mais abundantes do conjuntivo, sendo responsáveis por produzir a matriz extracelular. A produção excessiva de fibras colágenas por fibroblastos, também trazem sérias consequências para o organismo, como no caso da esclerose sistêmica progressiva, onde quase todos os órgãos se apresentam fibrosados. Outro tipo de fibrose é o “queloide”, um espessamento da pele que se forma em cicatrizes.
- **Macrófagos:** Constituem a primeira linha de defesa do organismo, tendo a função de fagocitar e apresentar antígenos para outras células de defesa. Formados a partir dos monócitos sanguíneos.
- **Mastócito:** Apresentam-se distribuídos ao longo dos vasos, atuando diretamente sobre os processos inflamatórios. Sua superfície apresenta-se revestida com receptores específicos para imunoglobulina E (IgE), uma classe de anticorpos produzidos por plasmócitos. Após uma segunda exposição a um determinado antígeno, que garante a presença de IgE na superfície do mastócito, esse irá se combinar com as IgE, estimulando a extrusão dos grânulos de secreção contidos nessa célula. O principal composto presente na secreção é a histamina, uma substância vasodilatadora, que aumenta a permeabilidade capilar permitindo o maior extravasamento de fluidos para o tecido infectado, além disso, esta substância também facilita a diapedese - migração de células de defesa em direção ao tecido infectado. A secreção de heparina pelos mastócitos evita a formação de coágulos no local.
- **Plasmócito:** Célula responsável pela produção de anticorpos. Formados a partir da ativação dos linfócitos B sanguíneos.
- **Células mesenquimais:** Células pluripotentes, originam outras células do tecido conjuntivo.

Obs.: Pele

A pele é um dos maiores órgãos do corpo, atingindo 16% do peso corporal, recobrendo toda sua superfície e, apresentando-se constituída por uma porção epitelial (epiderme), e uma porção conjuntiva (derme). Suas funções incluem:

- Regular a temperatura corporal
- Proteger contra abrasão física, bactérias, desidratação (deposição de queratina – impermeabilização).
- Proteger contra a radiação ultravioleta (melanócitos produtores de melanina).
- Detectar estímulos relacionados à temperatura, ao tato, à pressão e à dor.

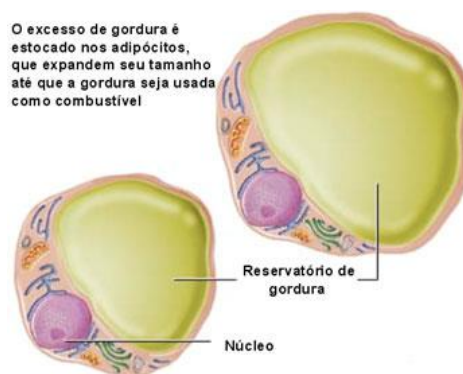
- Remover água, sais e vários compostos orgânicos.
- Auxiliar nas respostas imunológicas (células de Langerhans).
- Iniciar a síntese de vitaminas (ex.: vitamina D)



Principais componentes da pele humana

3.2. Tecido conjuntivo adiposo:

Sua principal célula é o adipócito, um tipo celular que acumula gotículas de lipídios em seu citoplasma. Localizado preenchendo órgãos, na medula óssea amarela e, principalmente, embaixo da pele, na chamada hipoderme. Suas funções principais são a modelagem da superfície do corpo e o isolamento térmico do organismo. Além disso, tem a importante função de servir como depósito de energia: os triglicerídeos acumulados nos adipócitos são usados para fornecer energia no intervalo entre as refeições. Em um ser humano de peso normal, o tecido adiposo corresponde a até 25% do peso corporal nas mulheres e 20% nos homens.



Desenho esquemático de um adipócito

3.3. Tecido conjuntivo cartilaginoso:

O tecido cartilaginoso é um tipo de conjuntivo que apresenta a matriz rígida, pela presença de uma macromolécula denominada "Agregana", com capacidade de interagir com as fibras

colágenas. A rigidez também é determinada pelo alto teor de água de solvatação, que irá determinar a difusão dos nutrientes e a grande capacidade de absorver choques mecânicos.

Suas principais células são os condroblastos (células jovens que produzem a substância intercelular) e os condrócitos, células maduras localizadas no interior de lacunas (condroplastos) com baixo metabolismo. No interior das cartilagens encontramos um líquido (sinovial) que auxilia no processo de isolamento mecânico.

O tecido cartilaginoso não apresenta vasos sanguíneos ou nervos, estando estes situados no pericôndrio, uma túnica de tecido conjuntivo denso não modelado que reveste a cartilagem.

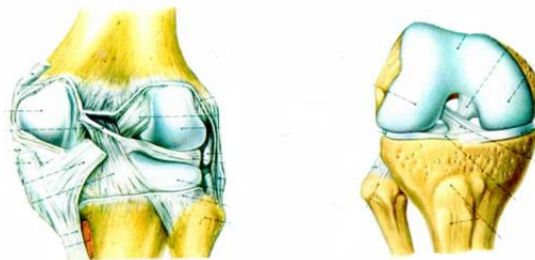
As cartilagens são envolvidas por uma bainha conjuntiva que recebe o nome de pericôndrio, o qual continua gradualmente com a cartilagem por uma face e com o conjuntivo adjacente pela outra. As cartilagens basicamente se dividem em três tipos distintos: 1) cartilagem hialina; 2) fibrocartilagem ou cartilagem fibrosa; 3) cartilagem elástica.

- **Cartilagem hialina:** Distingue-se pela presença de uma matriz vítrea, homogênea e amorfa. Essa cartilagem é a mais comum, forma o esqueleto inicial do feto; é a precursora dos ossos que se desenvolverão a partir do processo de ossificação endocondral.

Durante o desenvolvimento ósseo endocondral, a cartilagem hialina funciona como placa de crescimento epifisário e essa placa continua funcional enquanto o osso estiver crescendo em comprimento. No osso longo do adulto, a cartilagem hialina está presente somente na superfície articular. No adulto, também está presente como unidade esquelética na traqueia, nos brônquios, na laringe, no nariz e nas extremidades das costelas (cartilagens costais).

- **Cartilagem elástica:** Cartilagem na qual a matriz contém predomínio de fibras elásticas. O material elástico confere maior elasticidade à cartilagem, como a que se pode ver no pavilhão da orelha. A cartilagem elástica pode estar presente isoladamente ou formar uma peça cartilaginosa junto com a cartilagem hialina. Como a cartilagem hialina, a elástica possui pericôndrio e cresce principalmente por aposição. A cartilagem elástica é menos sujeita a processos degenerativos do que a hialina. Ela pode ser encontrada no pavilhão da orelha, nas paredes do canal auditivo externo, na tuba auditiva e na laringe. Em todos estes locais há pericôndrio circundante. Diferentemente da cartilagem hialina, a cartilagem elástica não se calcifica.

- **Cartilagem fibrosa:** A cartilagem fibrosa ou fibrocartilagem é um tecido com características intermediárias entre o conjuntivo denso e a cartilagem hialina. É uma forma de cartilagem na qual a matriz contém feixes evidentes de espessas fibras colágenas (grande resistência). A fibrocartilagem está caracteristicamente presente nos discos intervertebrais, na sínfise púbica, nos discos articulares das articulações dos joelhos e em certos locais onde os tendões se ligam aos ossos.

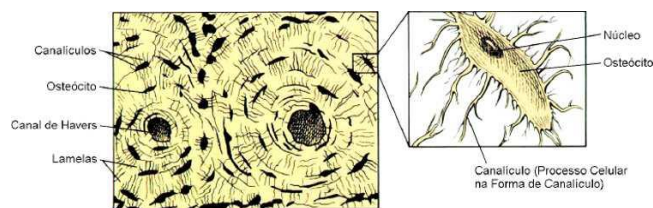


Cartilagens das articulações evitam choques entre os ossos

3.4. Tecido conjuntivo ósseo:

O tecido ósseo possui um alto grau de rigidez e resistência à pressão. Por isso, suas principais funções estão relacionadas à proteção e à sustentação. Também funciona como alavanca e apoio para os músculos, aumentando a coordenação e a força do movimento proporcionado pela contração do tecido muscular.

O tecido ósseo é uma modalidade de conjuntivo que apresenta a matriz mineralizada, contendo muitos vasos sanguíneos e nervos, localizados em grandes canais denominados de canais de Havers (Longitudinais) e de Volkmann (Transversais), comunicados com a cavidade medular. Sua matriz é composta por uma parte orgânica (abundância de colágeno) que confere resistência e uma parte inorgânica cuja composição é dada basicamente por íons fosfato e cálcio formando cristais de hidroxiapatita, que lhe confere dureza.



Células ósseas se distribuem ao redor do sistema de Havers

Na fração mais externa e na mais interna do osso, encontramos uma túnica conjuntiva, sendo denominada respectivamente, de periósteo e endósteo. Ambas contendo células osteoprogenitoras, que irão se diferenciar em osteoblastos, responsáveis por produzir a parte orgânica da matriz. Posteriormente a matriz orgânica passa por um processo de mineralização, restando as células ósseas em lacunas, sendo então denominadas de osteócitos.

Outro tipo celular presente é o osteoclasto, responsável por promover a destruição da matriz óssea, sendo um macrófago de tecido ósseo, estando submetido ao controle dos osteoblastos.

Obs.: Osteoporose

Osteoporose é a doença óssea metabólica mais frequente, sendo a fratura a sua manifestação clínica. É definida patologicamente como "diminuição absoluta da quantidade de osso e desestruturação da sua microarquitetura levando a um estado de fragilidade em que podem ocorrer fraturas após traumas mínimos". É considerada um grave problema de saúde pública, sendo uma das mais importantes doenças associadas com o envelhecimento.

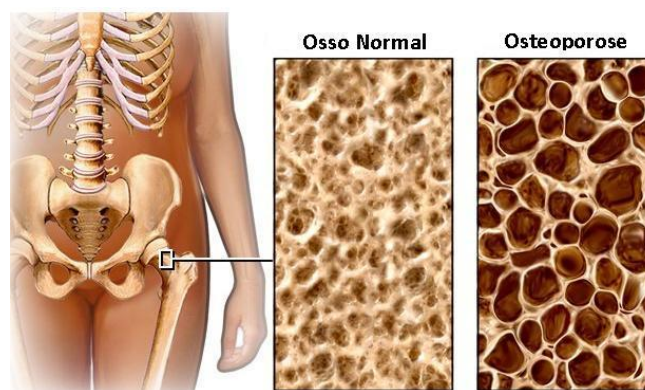
A fratura de fêmur é a consequência mais dramática da osteoporose. Cerca de 15% a 20% dos pacientes com fratura de quadril morrem devido à fratura ou suas complicações durante a cirurgia, ou mais tarde por embolia ou problemas cardiopulmonares em um período de 3 meses e 1/3 do total de fraturados morrerão em 6 meses.

O remodelamento ósseo é um processo contínuo de retirada de osso para o sangue e formação de osso novo, ocupando 20 a 30% do esqueleto a cada momento. Através do remodelamento, o tecido ósseo substitui células velhas por novas (o que ocorre em todos tecidos) e o organismo pode dispor de elementos importantes que são armazenados nos ossos, como o cálcio. Até aproximadamente 30 anos de idade a quantidade de osso reabsorvido e repostado é igual. A partir daí, inicia-se um lento balanço negativo que vai provocar, ao final de cada ativação das unidades de remodelamento, discreta perda de massa óssea. Inicia-se, portanto, um lento processo de

perda de massa óssea relacionada com a idade. Além desta fase lenta de perda de massa óssea, as mulheres têm um período transitório de perda rápida de osso no qual a queda de estrógenos circulantes, que ocorre desde a pré-menopausa, desempenha papel importante.

Observam-se, portanto, dois padrões distintos de alterações no funcionamento das unidades de remodelamento que levarão à osteoporose. Um é lento e dependente da idade (osteoporose senil) e relacionado com defeito na formação óssea; os osteoclastos produzem lacunas de profundidade normal ou até menores, mas os osteoblastos são incapazes de preenchê-las completamente.

Já as modificações que ocorrem com a queda de estrógenos levam a um remodelamento onde há maior número de osteoclastos e cada um produz uma cavidade mais profunda; também há aumento da atividade dos osteoblastos que tentam corrigir o defeito, mas não conseguem, caracterizando o remodelamento acelerado onde a atividade de reabsorção é maior e, no final de cada ciclo, haverá um declínio significativo de massa óssea - osteoporose da pós-menopausa.



Alterações nos ossos decorrentes da osteoporose

3.5. Tecido conjuntivo hematopoiético

O tecido hematopoiético (hematos, sangue; poiese, formação) recebe este nome, pois sua função é a produção e o armazenamento de células sanguíneas. Localizado principalmente na medula dos ossos (medula óssea vermelha), recebe o nome de tecido mielóide (mielos, medula). Nesse tecido encontram-se células sanguíneas sendo produzidas, em diversos estágios de maturação. Há duas variedades desse tecido: além do mielóide (medula óssea vermelha e timo), também há o linfóide, encontrado no baço, timo e gânglios linfáticos que armazena e amadurece leucócitos e hemácias.

3.6. Tecido conjuntivo sanguíneo

O tecido sanguíneo é um tipo de conjuntivo que apresenta a matriz fluida e extremamente abundante, chamada de plasma, na qual se inserem os elementos figurados – as células (glóbulos sanguíneos) e fragmentos de células (plaquetas). Sua função principal é transportar diversos tipos de substâncias entre os diferentes órgãos de um ser vivo.

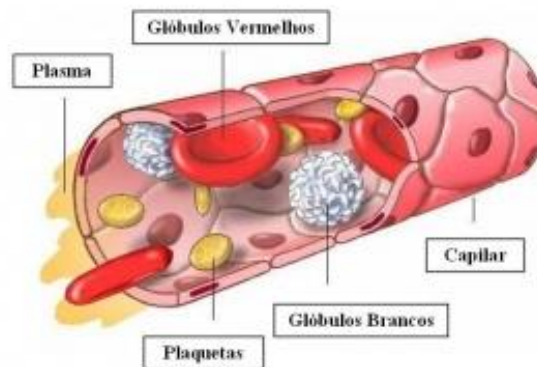
O plasma contém inúmeras substâncias dissolvidas: aproximadamente 90% de água e 10% sais (Na, Cl, Ca, etc.), glicose, aminoácidos, colesterol, ureia, hormônios, anticorpos etc. As proteínas mais abundantes no plasma são a albumina (equilíbrio osmótico e estoque de aminoácidos) e o fibrinogênio (coagulação sanguínea).

Os elementos figurados do sangue são as hemácias, leucócitos e plaquetas.

3.6.1. Eritrócitos, hemácias ou glóbulos vermelhos:

São células especializadas no transporte dos gases devido à hemoglobina (proteína + ferro), que também determina a formação de um sistema tampão, impedindo a ocorrência de grandes variações no pH sanguíneo. As hemácias apresentam uma forma bicôncava, favorecendo a relação entre superfície e volume, potencializando o transporte dos gases.

Em mamíferos, as hemácias passam por um processo de maturação, envolvendo a perda do conteúdo citoplasmático e do núcleo, impondo diretamente a produção de ATP pela fermentação láctica e encurtando sua viabilidade a um período aproximado de 120 dias, onde em seu fim as hemácias são degradadas no fígado e no baço.



Os principais elementos figurados sanguíneos

Existe uma série de fatores que podem estimular a produção de hemácias (eritropoiese), são eles:

- Elevadas altitudes
- Volume sanguíneo baixo;
- Anemia;
- Baixa taxa de hemoglobina;
- Fluxo Sanguíneo deficiente;
- Doença pulmonar.
- Gravidez



Treinar em elevadas altitudes pode aumentar a produção de hemácias e o condicionamento físico global do atleta

3.6.2. Leucócitos ou Glóbulos Brancos:

Os leucócitos, ou glóbulos brancos são células nucleadas produzidas na medula óssea. Sua função é proteger o organismo, de maneira imunitária, contra agentes patológicos causadores de doenças, utilizando para isso mecanismos inespecíficos (ex.: fagocitose) e específicos (ex.: produção de anticorpos).



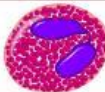

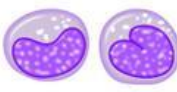
Sua ação imunitária pode ser percebida através do aumento do tamanho de gânglios, sobretudo os localizados logo abaixo da pele, que revela a existência de infecções.

Em uma pessoa sadia o número oscila entre 5 e 11 mil leucócitos por ml de sangue, já em uma situação de resposta a processos infecciosos esta quantidade pode triplicar para poder atacar com eficácia os microrganismos invasores. A secreção amarelada (pus) que aparece em lesões nos tecidos, tem em sua composição uma grande massa de leucócitos juntamente a outros resíduos.

Isso acontece porque os leucócitos deixam a circulação sanguínea em direção ao tecido conjuntivo, que acompanha os capilares, atraídos por quimiotaxia até as substâncias químicas liberadas pelos microrganismos. Esse fenômeno é conhecido como diapedese.

Os leucócitos são classificados de acordo com a absorção de corantes e a quantidade de lóbulos nucleares. Sendo assim, são divididos em dois grupos: granulócitos e agranulócitos.

Os granulócitos apresentam grânulos específicos em seu citoplasma e são classificados em três tipos, conforme a afinidade dos grânulos: neutrófilos, eosinófilos e basófilos. Já os agranulócitos podem ser monócitos e linfócitos.

GRANULÓCITOS		
Neutrófilo		Fagocita microorganismos e outras substâncias.
Basófilo		Liberta histamina que promove a inflamação, e heparina que previne a formação de coágulos.
Eosinófilo		Liberta mediadores químicos que reduzem a inflamação; ataca alguns tipos de vermes parasitas.
AGRANULÓCITOS		
Linfócito		Produz anti-corpos e outros agentes químicos responsáveis pela destruição de microorganismos; contribui para as reações alérgicas, rejeição de enxertos, controle de tumores, e regulação do sistema imunitário.
Monócito		Célula fagocítica do sangue; ao sair do sangue torna-se macrófago, fagocitando bactérias, células mortas, fragmentos de células e outros corpos estranhos aos tecidos.

Os principais tipos de leucócitos

O linfócito T CD4 (auxiliar ou helper) é o leucócito responsável pela identificação do corpo estranho e pela estimulação da produção de anticorpos pelos linfócitos B. O vírus HIV (causador da AIDS) ataca justamente esta célula coordenadora de nossa reação imune, o que justifica a imunodeficiência desenvolvida pelo portador da doença.

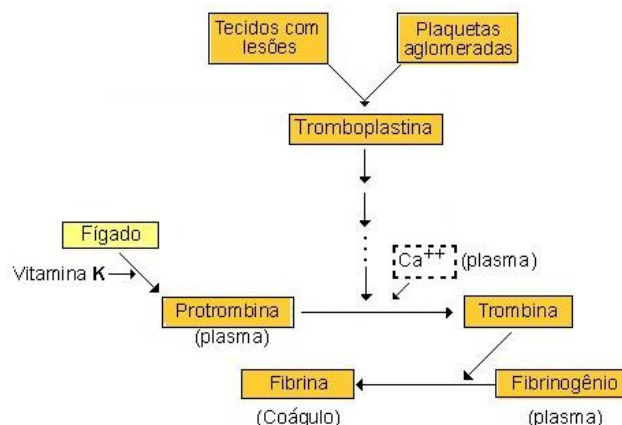
3.6.3. Plaquetas ou trombócitos:

São fragmentos de uma célula sanguínea denominada de megacariócito, e sua formação ocorre devido às forças de atrito estabelecidas pelo pequeno diâmetro dos capilares sanguíneos. Sua função é a promoção da coagulação sanguínea, em um processo denominado hemostasia.

Após uma lesão vascular, fatores locais e plaquetários são produzidos determinando o espasmo do vaso, vasoconstricção, diminuindo a perda de sangue. Concomitante ao processo descrito, evidencia-se a formação de um tampão plaquetário e do coágulo sanguíneo.

A tromboplastina, também conhecida como fator tissular ou Fator III, é uma substância presente nos tecidos e no interior das plaquetas (fragmentos celulares) cuja função é de transformar a protrombina em trombina na presença de íons Ca^{++} . Sua liberação ocorre mediante a ocorrência da lesão no vaso sanguíneo.

A tromboplastina ativa hidrolisa a protrombina em trombina em presença de cálcio. Permitindo a realização de sua ação proteolítica sobre o fibrinogênio quebrando esta molécula em peptídeos menores, e formando monômeros de fibrina. A fibrina forma uma rede na região lesionada que “pesca” as hemácias formando um tampão tromboplaquetário que impede que o sangue continue a ser perdido neste local.



Esquema resumido da coagulação sanguínea

4. TECIDO MUSCULAR

O tecido muscular é um tecido caracterizado pela sua contratilidade, ou seja, pela capacidade de se contrair segundo alguns estímulos claros e utilizando o ATP (molécula orgânica responsável pelo armazenamento de energia nas suas ligações químicas); e pela sua excitabilidade, ou seja, capacidade de responder a um estímulo nervoso.

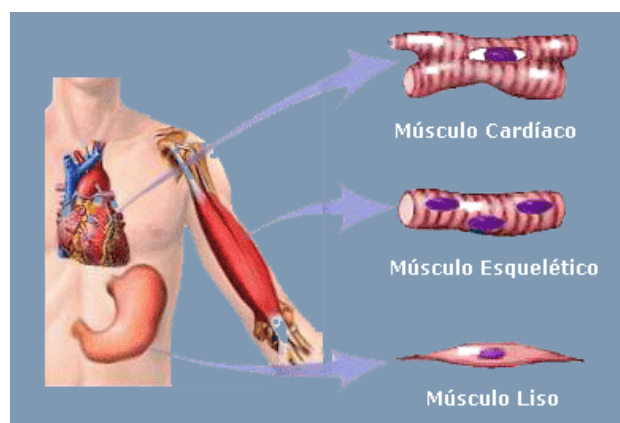
As células desse tecido são de origem mesodérmica, sendo que a sua diferenciação se dá através da síntese de proteínas específicas com uma organização determinada, tais como os diferentes tipos de actinas, miosinas e proteínas motoras filamentosas.

O tecido muscular é constituído por células alongadas (fibras musculares) e que contêm grande quantidade de filamentos citoplasmáticos, proteínas contráteis, responsáveis por gerar a força de contração. O tecido compõe cerca de 40% a 50% do peso corporal.

Os principais tipos de tecido muscular são descritos no quadro abaixo:

Características	Lisa	Estriada	Cardíaca
Forma	Fusiforme	Filamentar	Filamentar ramificada (anastomosada)
Tamanho (valores médios)	Diâmetro: 7mm Comprimento: 100mm	30mm Centímetros	15mm 100mm
Estrias transversais	Não há	Há	Há
Núcleo	1 central	Muitos periféricos (sincício)	1 central
Discos intercalares	Não há	Não há	Há
Contração	Lenta, involuntária	Rápida, voluntária	Rápida, involuntária
Apresentação	Formam camadas envolvendo órgãos.	Formam pacotes bem definidos, os músculos esqueléticos	Formam as paredes do coração (miocárdio)

Principais características dos músculos liso, estriado (esquelético) e estriado cardíaco



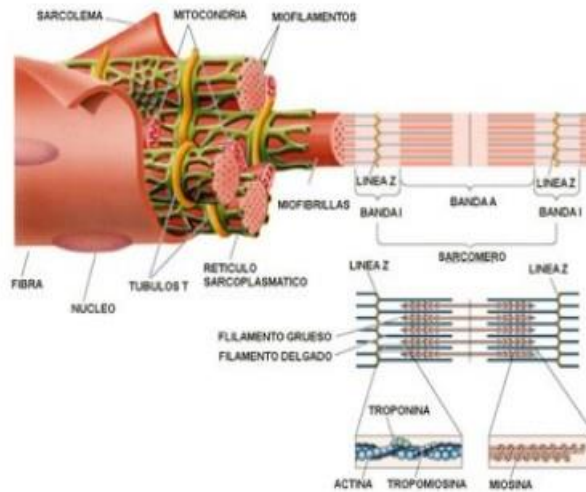
Representação dos diversos tipos de músculos

O movimento humano realizado através da ação do músculo depende da conversão de energia química contida no trifosfato de adenosina (ATP) para energia mecânica. As forças musculares atuam sobre o sistema corporal de alavancas ósseas para movimentar um ou mais ossos ao redor de seu eixo articular a fim de impulsionar um objeto, movimentar o próprio corpo ou realizar essas duas ações simultaneamente.

A contração muscular se inicia com a liberação de íons de Cálcio do retículo sarcoplasmático, liberando Cálcio intracelular que se liga à troponina (previne a interação actina-miosina), assim a tropomiosina é removida dos sítios ativos na actina e a ligação da ponte cruzada pode ocorrer. O músculo é “ligado” para realizar a contração quando ocorre a junção.

A degradação de ATP em ADP + Pi e a liberação de energia servem para energizar as pontes cruzadas de miosina que, por sua vez, puxam as moléculas de actina sobre a miosina e, deste modo, encurtam o músculo.

Essa “puxada” de actina sobre a molécula de miosina através das pontes de cálcio acarreta o encurtamento muscular e a geração de força.



O encurtamento do sarcômero (unidade contráctil) na presença de cálcio no sarcoplasma (citoplasma) com consumo de ATP caracteriza a contração muscular.

A remoção do Cálcio restaura a ação inibitória de troponina-tropomiosina. Como o cálcio é transportado ativamente de volta ao retículo sarcoplasmático. Também ocorre consumo de ATP no relaxamento muscular.

Embora o ATP seja a fonte imediata de energia, esse só é suficiente para manter a atividade por cerca de 5 segundos. Como forma de solucionar o problema, as fibras musculares irão acumular um composto de alta energia, a fosfocreatina, que viabiliza a formação de ATP durante o exercício prolongado.

Obs.: Fibras de contração rápida e lenta

- **Fibras de contração lenta (tipo I):** Estas fibras musculares permitem uma atividade constante. São as mais abundantes em ciclistas e maratonistas pois dependem de uma elevada atividade aeróbica. Suas principais características são:
 - Estão organizadas para determinar a continuidade do movimento, trabalhando necessariamente em aerobiose.
 - Apresentam um maior número de mitocôndrias.
 - Apresentam maior taxa de mioglobina, favorecendo um maior estoque de oxigênio.
 - Apresentam um maior suprimento vascular.
- **Fibras de contração rápida (tipo II):** Fibras com maior atividade fermentativa. Muito comuns em músculo de atividade explosiva (ex.: corrida de 100m rasos). Suas principais características são:
 - Estão organizadas para determinar maior potência muscular, trabalhando em anaerobiose para viabilizar ATP rapidamente.
 - Apresentam um menor número de mitocôndrias.
 - Apresentam menor taxa de mioglobina.
 - Apresentam um menor suprimento sanguíneo.

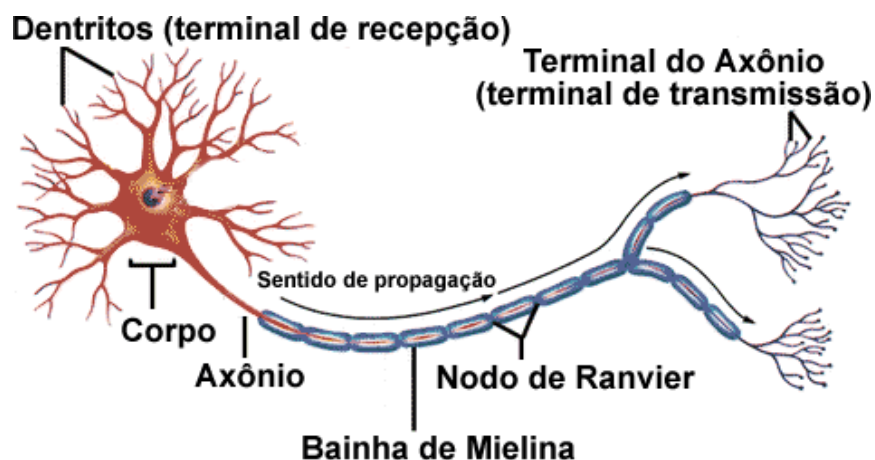


Fibras lentas (1) e rápidas (2)

5. TECIDO NERVOSO

O Tecido nervoso é sensível a vários tipos de estímulos que se originam de fora ou do interior do organismo. Ao ser estimulado, esse tecido se torna capaz de conduzir os impulsos nervosos de maneira rápida e, às vezes, por distâncias relativamente grandes. Trata-se de um dos tecidos mais especializados do organismo animal, sendo suas principais células os neurônios e a neuróglia (ou células gliais).

Os neurônios são células responsáveis pelos impulsos nervosos, são altamente especializadas, dotadas de um corpo celular e numerosos prolongamentos citoplasmáticos, denominados neurofibras ou fibras nervosas. Possuem taxa de divisão mitótica bastante reduzida. Os estímulos são captados usualmente em prolongamentos denominados dendritos, passam pelo corpo celular e são transmitidos a outras células através dos terminais do axônio.



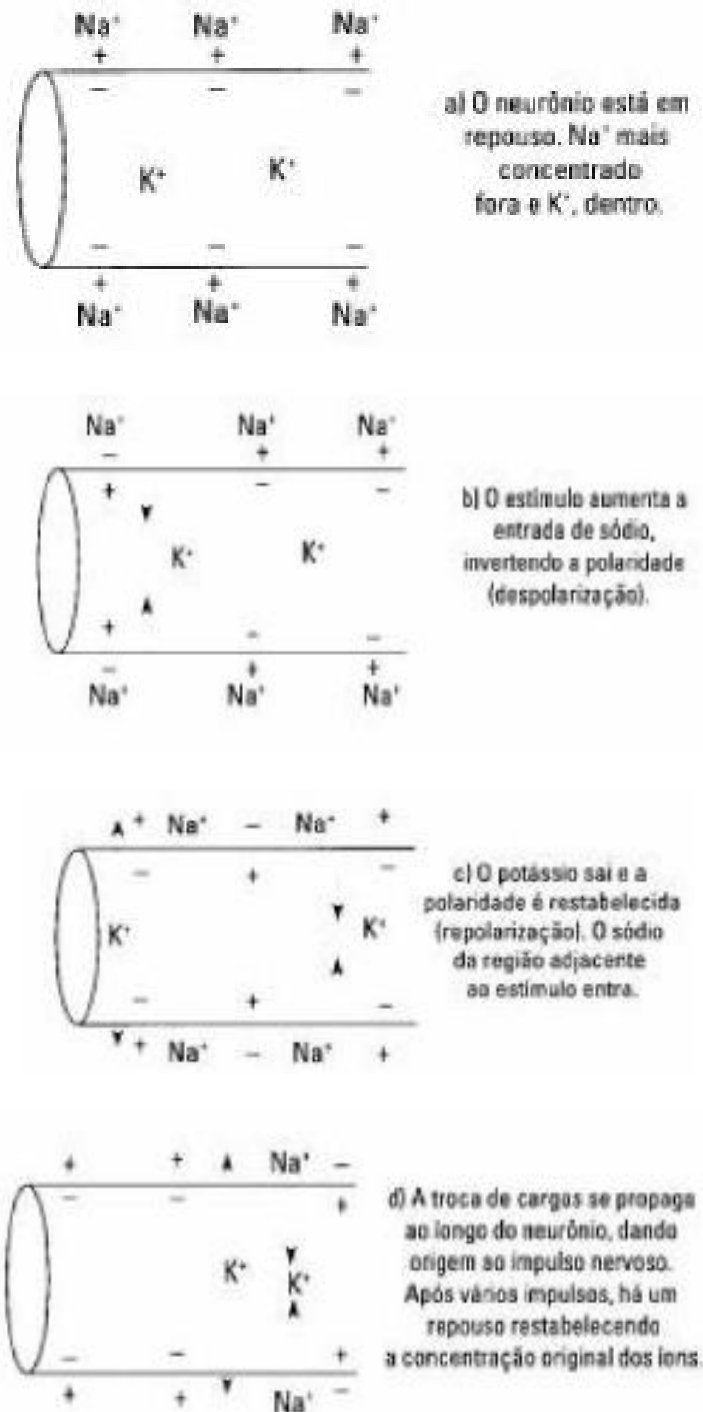
Neurônio: o protagonista do nosso tecido nervoso

A neuróglia possui a função de envolver e nutrir os neurônios, mantendo-os unidos. Os principais tipos de células desta natureza são os astrócitos (nutrição do neurônio), oligodendrócitos (formação da bainha de mielina isolante elétrica no sistema nervoso central), micróglia (fagocitose de corpos estranhos) e células de Schwann (formação da bainha de mielina no sistema nervoso periférico).

5.1. Propagação do impulso nervoso:

A capacidade das células nervosas de responder aos estímulos e convertê-los em impulsos nervosos é denominada excitabilidade. Um estímulo é qualquer coisa no ambiente capaz de alterar o potencial de repouso da membrana, que determina um valor de cargas positivas no meio

externo, e negativas no meio interno. A figura abaixo nos mostra a propagação do impulso nervoso.



O neurônio em repouso encontra-se com a membrana polarizada graças à atividade da bomba de Na^+ e K^+ e o fechamento dos canais de Na^+ . Com a captação do estímulo ocorre uma despolarização da sua membrana através da interrupção da atividade da bomba de Na^+ e K^+ e a abertura dos canais de Na^+ . Após a despolarização, a repolarização (reativação da bomba de Na^+ e K^+ e o fechamento dos canais de Na^+) devolve a célula o seu potencial de membrana de repouso, e o neurônio, é preparado para receber outro estímulo e conduzi-lo do mesmo modo. De

fato, até que a repolarização ocorra, o neurônio não pode conduzir outro impulso nervoso. O período de tempo durante o qual o neurônio não pode gerar outro potencial de ação nervoso é denominado período refratário.

O estímulo só é captado pelo receptor nervoso (dendrito) a partir de uma dada intensidade (limiar de excitação), mas uma vez captado o impulso nervoso será gerado sempre na mesma intensidade, velocidade e sentido (lei do tudo ou nada).

A propagação do impulso de um neurônio para outro tipo celular (ex.: neurônio, glândula ou músculo) ocorre através de uma sinapse, uma junção comunicante, apresentada logo abaixo.



Na sinapse são liberados neurotransmissores (ex.: acetilcolina, adrenalina) que ao estimularem a região pós-sináptica promovem a sua alteração fisiológica (ex.: contração muscular). Podemos afirmar que a propagação do impulso nervoso dentro do neurônio é elétrica enquanto entre neurônios é química.

Genética – Parte 1

1. INTRODUÇÃO

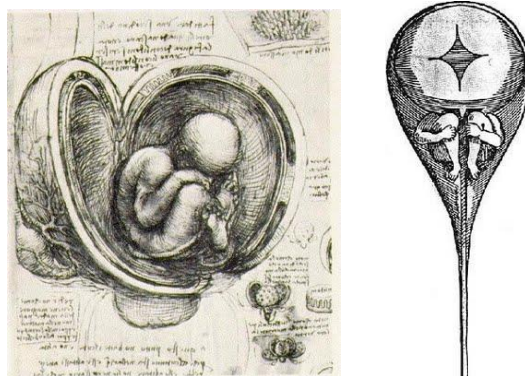
Genética (do grego *genno*; fazer nascer) é a ciência dos genes, da hereditariedade e da variação dos organismos. Ramo da biologia que estuda a forma como se transmitem as características biológicas de geração para geração. O termo genética foi primeiramente aplicado para descrever o estudo da variação e hereditariedade, pelo cientista William Bateson em 1908.

As hipóteses iniciais que tentavam explicar a hereditariedade eram as mais surreais possíveis onde se destacam:

→ Aristóteles (a.c.): o líquido seminal do testículo direito gera machos enquanto o do testículo esquerdo gera fêmeas.

→ Leeuwenhoek (1675) – espermatozoides são animálculos (seres microscópicos e movimento).

→ Pré-formação (final do séc. XVII) - os indivíduos já se encontravam completamente pré-formados no interior dos gametas (homúnculos).



Alguns cientistas acreditavam na presença dos homúnculos dentro dos óvulos, outros acreditavam que viriam dentro dos espermatozoides.

→ Von Baer (1792 – 1876) – os indivíduos surgem da união do gameta masculino com o feminino. Dessa união forma-se uma célula ovo, que se divide várias vezes, originando muitas células indiferenciadas, que se modificam e dão origem aos tecidos e posteriormente aos órgãos. Von Baer, porém não elucidou como estas células determinavam a hereditariedade.

→ Darwin (1809 – 1882) – embora tenha sido crucial no desenvolvimento da teoria evolucionista, Darwin acreditava na pangênese, ou seja, todos os órgãos e componentes do corpo produziram suas próprias cópias em miniaturas infinitamente pequenas, denominadas gêmulas ou pangenes, que seria carregadas pela corrente sanguínea até as gônadas, reunindo-se nos gametas.

→ Gregor Mendel (1822 – 1884) – trabalhando com ervilhas Mendel postulou que a transmissão dos caracteres hereditários era feita por meio de fatores que se encontravam nos gametas (fatores mendelianos – hoje conhecidos como GENES). Como Mendel mostrou-se correto não

somente para ervilhas (seu objeto de estudo), mas também para a maior parte dos organismos, Mendel é considerado hoje como pai da Genética. Seu sucesso deve-se principalmente ao material escolhido (alta capacidade de reprodução e características bem definidas), o rigor experimental e o uso do método científico.

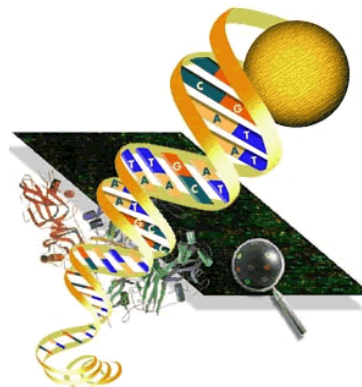


Gregor Mendel em seus trabalhos com a ervilha-de-cheiro (*Pisum sativum*) desvendou os principais mecanismos da hereditariedade.

1. CONCEITOS BÁSICOS

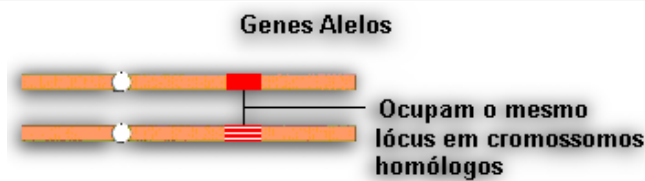
Em toda a ciência são comuns termos específicos para a sua compreensão e a genética, enquanto ciência, também os têm. Alguns desses termos estão apresentados a seguir:

- **GENE** – Unidade hereditária que ocupa certa fração do cromossomos denominada **lócus**, capaz de experimentar mutações em várias formas alélicas. Um gene corresponde a uma porção de DNA que pode ser transcrita, determinando um efeito fenotípico específico.

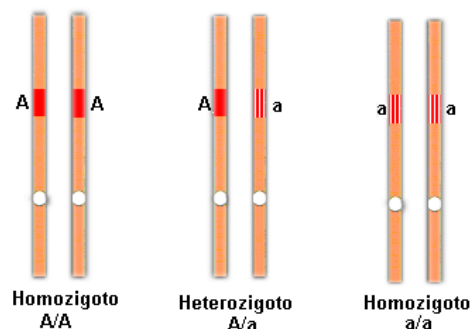


Nosso genoma é uma enciclopédia formada por vários livros (cromossomos) em que suas histórias são contadas por palavras (genes). As letras que escrevem o livro da vida são as bases nitrogenadas C, G, A, e T.

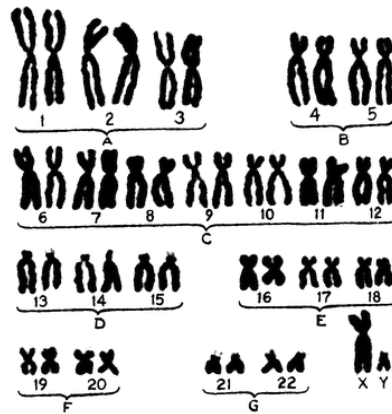
- **LOCUS** – Posição de um gene no cromossomo. Região geográfica do gene no cromossoma.
- **ALELOS** – Genes iguais ou diferentes situados em loci correspondentes do mesmo par de cromossomos homólogos.



- **CROMOSSOMOS HOMÓLOGOS** – São cromossomos que possuem a mesma forma, tamanho, e sequência de loci gênicos. Diferem apenas na origem, uma vez que de cada par um dos cromossomos é paterno enquanto o outro é materno.
- **HOMOZIGOTO** – Indivíduo que porta genes iguais para um determinado caráter. Mendel descreveu os homozigotos como puros, atualmente este termo não é mais utilizado.
- **HETEROZIGOTO** – Aquele que porta genes alelos diferentes para um determinado caráter. Mendel descreveu os homozigotos como híbridos, atualmente este termo não é mais utilizado com este sentido, mas sim se referindo a mistura entre espécies (ex.: mula).



- **GENOMA** – O conjunto completo de genes de uma espécie é seu genoma. O tamanho do genoma, em termos de número de genes, varia entre as espécies. O genoma humano, por exemplo, tem entre 30 mil e 40 mil genes. De acordo com o conceito tradicional de genoma – conjunto haploide (N) de genes de uma espécie, o genoma humano estaria presente em um conjunto de 23 cromossomos.
- **CARIÓTIPO** - conjunto cromossômico ou a constante cromossômica diploide (2n) de uma espécie. Representa o número total de cromossomos de uma célula somática (do corpo). Sua representação é feita através de um idiograma (imagem abaixo).



Cariótipo de um homem normal

- **AUTOSSOMOS** – cromossomos que se encontram na mesma proporção em ambos os sexos. Genes que ocupam locus nestes cromossomos denominam-se autossômicos.
- **ALOSSOMAS, CROMOSSOMOS SEXUAIS OU HETEROCROMOSSOMOS** – São os cromossomos responsáveis pela determinação e identificação sexual do indivíduo. Existem várias formas de determinação sexual, sendo a mais comum a XY.

A partir das informações acima podemos concluir que:

Cariótipo humano:

$$2N = 44A \text{ (autossomos)} + XY \text{ (♂)}$$

$$2N = 44A \text{ (autossomos)} + XX \text{ (♀)}$$

Genoma humano:

Diferentemente do conceito tradicional mostrado acima, pode-se afirmar que o genoma humano constitui-se de 24 moléculas de DNA, que formam os 22 autossomos (cromossomos que não variam entre homens e mulheres) mais os cromossomos sexuais X e Y.

- **GENÓTIPO** – Corresponde à constituição genética de uma característica, célula ou organismo.
- **FENÓTIPO** – Característica observável ou detectável de um organismo, resultado da interação do genótipo com o meio ambiente. Manifesta-se através de caracteres morfológicos (ex.: cor da pele), fisiológicos (ex.: diabetes) e comportamentais (ex.: agressividade).

A Sociobiologia:

Em 1964, o biólogo inglês William Donald Hamilton (1936-2000) publicou um trabalho sobre a genética do comportamento social que causou forte impacto entre os estudiosos de comportamento e evolucionistas. Uma vez provada a existência de um evidente mecanismo de seleção natural favorecendo o comportamento social, uma geração inteira de biólogos dedicou-se a estudos chamados de sociobiologia. Discutia-se a base biológica do comportamento social na tentativa de produzir uma teoria geral sobre o assunto. O biólogo britânico Richard Dawkins

(1941) e o americano Edward Wilson (1929) são expoentes da pesquisa nessa área. A sociobiologia recebeu uma saraivada de críticas, particularmente quando se tratava de sociobiologia humana. Certos mecanismos poderiam valer para abelhas ou leões, mas não para humanos. Entretanto, muitos ataques desprezavam noções importantes da genética como herdabilidade, penetrância dos genes e heranças poligênicas.

Diversos estudos foram feitos com genes monozigóticos (geneticamente idênticos) criados juntos e separadamente. Estes estudos visavam a entender a proporção de influência do genótipo e do ambiente na expressão de um dado fenótipo.



A ciência genômica inaugurada no final do século XX começou a identificar genes ligados à produção de comportamentos. São genes relacionados a proteínas importantes no metabolismo cerebral. Em uma pesquisa sobre comportamento violento descobriu-se que homens maltratados na infância tinham uma probabilidade dez vezes maior que os demais de cometer crimes violentos desde que, além de terem sofrido maus-tratos, possuíssem pequena atividade da enzima monoamina oxidase do cromossomo X. No total, 85% dos homens maltratados na infância e cuja monoamina oxidase (IMAO) é pouco ativa exibiram comportamento violento ao longo da vida. Logo, conclui-se que muito mais do que imaginamos de nosso comportamento pode de fato ter base genética.

2. A PRIMEIRA LEI DE MENDEL (MONO-HIBRIDISMO)

Em um de seus experimentos, Mendel cruzou ervilhas de semente amarela com ervilhas de semente verde, a qual chamou de Geração Parental, representada pela letra P. Nesta geração Mendel utilizou indivíduos puros (homozigotos), ou seja, aqueles que caso fossem autofecundados gerariam sempre indivíduos iguais.

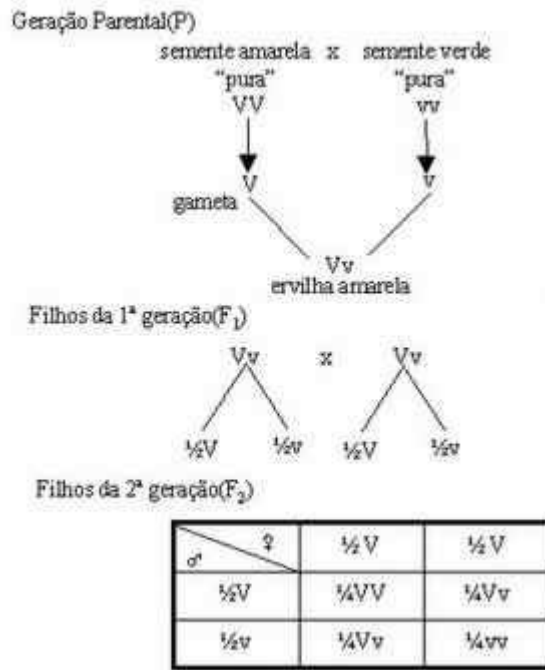
O resultado deste cruzamento sempre continha somente sementes amarelas, sendo estas denominadas como primeira geração filha (Geração F1).

Ao cruzar indivíduos da geração F1, obteve-se a segunda geração filha F2, na qual 75% ou 3/4 dos indivíduos possuíam sementes amarelas e 25% ou 1/4 possuíam sementes verdes. Como a geração F1 gerou através de seu cruzamento indivíduos de diferentes fenótipos, esta geração é formada por indivíduos híbridos (heterozigotos).

Como Mendel explica o não aparecimento de ervilhas verdes na F1?

Mendel concluiu que o fator responsável pela cor amarela da semente era dominante sobre o fator para a cor verde, que permanecia inativo na geração F1 (recessivo).

Como explicar a proporção encontrada de $\frac{3}{4}$ de amarelos para $\frac{1}{4}$ de verdes na F2? Observe o cruzamento abaixo que demonstra esta proporção:



Este estudo ficou conhecido como 1ª Lei de Mendel, monoidridismo ou lei da pureza dos gametas e pode ser enunciado da seguinte forma: “cada caráter é determinado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, indo um fator do par para cada gameta, que é, portanto, puro”.

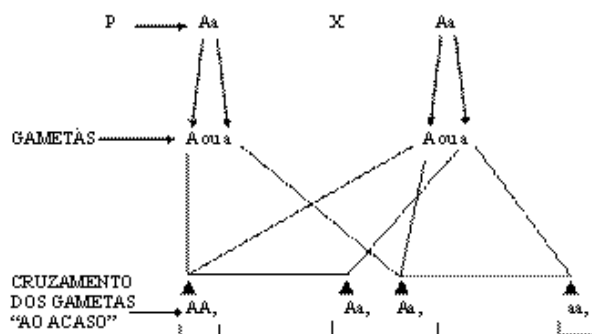
Este tipo de monoidridismo também pode ser chamado de dominância completa ou absoluta. Neste caso os indivíduos heterozigotos apresentam o mesmo fenótipo dos indivíduos homozigotos dominantes, pois haverá um gene dominante que “impõe” a sua característica quando diante de um gene recessivo.

Observe outro exemplo:

A – Determina pigmentação normal da pele.

a – Determina albinismo.

Indivíduos AA são normais, indivíduos Aa são normais e indivíduos aa são albinos.



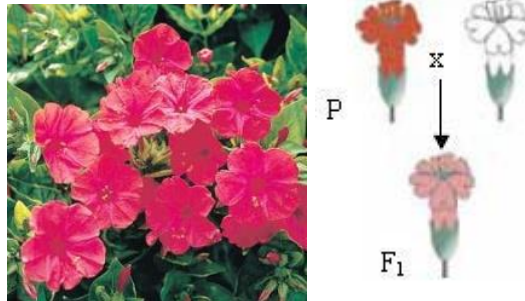
- Casos especiais em primeira lei de Mendel

Além do monoibridismo com dominância presente na primeira lei de Mendel, existem outras situações importantes que alteram a proporção fenotípica esperada na primeira lei. Veremos a seguir alguns destes casos especiais:

→ **Monoibridismo sem dominância**

Este tipo de monoibridismo também é conhecido como dominância incompleta, intermediária ou codominância (embora haja algumas diferenças entre estes termos). A descoberta da ausência de dominância data do início do século XX, isto é, muito depois dos trabalhos de Mendel. Esta é uma herança em que não existem genes dominantes ou recessivos e quando genes diferentes interagem manifestam um terceiro fenótipo.

Exemplo: Flor Maravilha (*Mirabilis jalapa*)



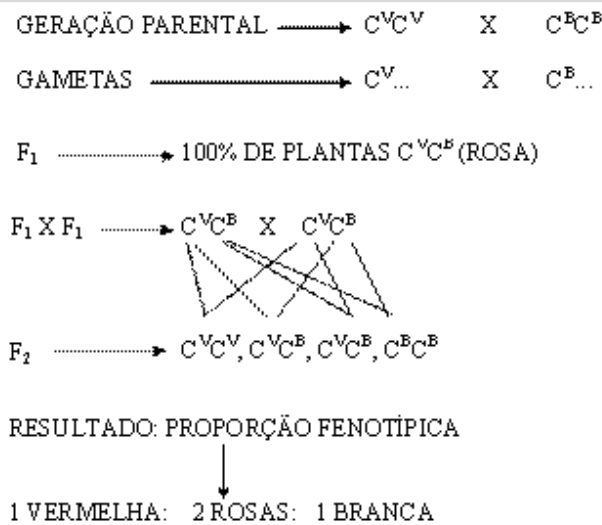
Na flor maravilha, plantas vermelhas com brancas geram uma F1 rosa. Como explicar isso?

C^B – Determina flores brancas.

C^V – Determina flores vermelhas.

Plantas $C^V C^V$ têm flores vermelhas, plantas $C^B C^B$ têm flores brancas e plantas $C^V C^B$ têm flores rosas.

Observe o cruzamento abaixo:








→ **Genes letais**

Genes que determinam a morte do indivíduo no qual estão presentes, no estado embrionário ou após o nascimento. Podem ser dominantes ou recessivos.

Exemplos:

- a) Albinismo vegetal. Do cruzamento de plantas não albinas, heterozigotas, as plantinhas albinas (aa, homozigotas recessivas) morrem devido a ausência de pigmentos fotossintetizantes.
- b) Do cruzamento de ratos de pelos amarelos, heterozigotos, os descendentes amarelos homozigotos dominantes morrem. Na prole observa-se um desvio da proporção esperada pela primeira lei de Mendel. Enquanto o esperado seriam de $\frac{3}{4}$ de amarelos para $\frac{1}{4}$ de aguti (cinza), a proporção na prole é de $\frac{2}{3}$ de amarelos para $\frac{1}{3}$ de aguti.

	K	k
	K	 morte KK
k	 Kk	 kk

Genes letais promovem alteração na proporção fenotípica esperada pela primeira lei de Mendel.

2. HEREDOGRAMAS, ÁRVORES GENEALÓGICAS OU PEDIGREES

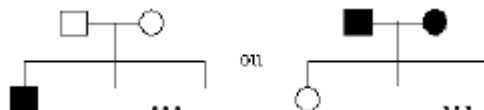
Os **heredogramas** são diagramas utilizados em Genética para expor a transmissão de caracteres hereditários ao longo das gerações. Através de símbolos e sinais convencionais são caracterizados todos os integrantes de uma dada linhagem. Observe os principais símbolos abaixo:



A montagem de um heredograma deve ser feita de acordo com algumas regras:

- O homem deve vir à esquerda do casal e a mulher à direita sempre que possível;
- Os filhos devem ser colocados da direita para a esquerda, em ordem de nascimento;
- Cada geração seguinte é indicada por algarismos romanos (I, II, III, e assim por diante). Dentro de cada geração, os indivíduos são indicados por algarismos arábicos, sempre da esquerda para a direita.

Na **interpretação de um heredograma**, a primeira informação que se procura saber é se o caráter em questão é condicionado por um gene dominante ou recessivo. Para isso, devemos procurar, no heredograma, casais que são fenotipicamente iguais e tiveram um ou mais filhos diferentes deles. Observe abaixo:



Se a característica permaneceu oculta no casal, e se manifestou no filho, só pode ser determinada por um gene recessivo. Logo, na figura acima, o casal da esquerda é heterozigoto (Aa) e seu filho afetado é homozigoto recessivo (aa). Enquanto que o casal afetado com a filha normal (direita) indicaria que a característica em estudo é dominante e a filha é recessiva (aa).

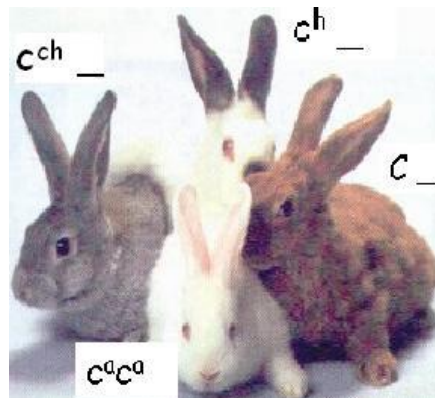
ATENÇÃO: Pais fenotipicamente iguais, com um filho diferente deles, indicam que o caráter presente no filho é recessivo!

3. POLIALELIA

A polialelia é um tipo de herança em que um mesmo gene experimenta mais de uma mutação, determinando o aparecimento de uma série alélica (mais do que dois alelos). Apesar de uma espécie poder apresentar várias opções alélicas, observa-se que os indivíduos possuirão sempre dois alelos, logo a polialelia segue o padrão esperado pela primeira lei de Mendel.

- **Polialelia em coelhos**

Em coelhos, a série alélica é determinada pelos seguintes genes: C, c^{ch} , c^h , c^a , relacionada com a coloração da pelagem. Assim temos que C determina pelagem aguti ou selvagem (marrom acastanhado), c^{ch} determina pelagem chinchila (cinza), c^h determina pelagem himalaia (branco com as extremidades do focinho e patas pretas) e c ou c^a albino (branco com olhos vermelhos).



Quatro alelos de um mesmo gene determinam a cor da pelagem de coelhos

Com essas informações podemos estabelecer uma relação de dominação na série alélica, que ficaria:

$$C > c^{ch} > c^h > c^a$$

Nos coelhos, podemos observar, então, os fenótipos possíveis com os seus respectivos genótipos.

FENÓTIPOS	GENÓTIPOS
SELVAGEM	CC, Cc^{ch} , Cc^h , Cc^a
CHINCHILA	$c^{ch}c^{ch}$, $c^{ch}c^h$, $c^{ch}c^a$
HIMALAIA	c^hc^h , c^hc^a
ALBINO	c^ac^a

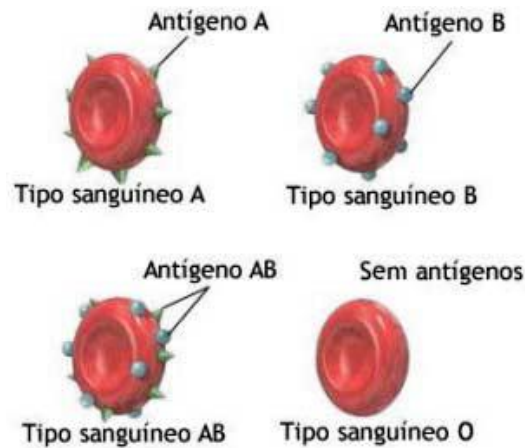
- **Sistema ABO**

O cientista austríaco Landsteiner observou que quando determinadas hemácias de um indivíduo eram misturadas ao soro de outro indivíduo ocorria aglutinação, fenômeno no qual as hemácias

se associam, formando aglomerados. Baseando-se em experimentos, Landsteiner dividiu os tipos sanguíneos em três grupos: A, B e O.

O quarto grupo, chamado de AB, foi descoberto por dois outros cientistas, De Castello e Stmli, em 1902. Buscando os conhecimentos da imunologia, podem-se determinar duas substâncias, uma das hemácias e outra do plasma, que estavam diretamente relacionadas à compatibilidade entre o sangue do doador e do receptor, na espécie humana.

Os antígenos ou aglutinogênios que se encontravam nas hemácias do doador reagiam com os anticorpos ou aglutininas que se encontram no plasma do receptor. Assim foram determinados dois aglutinogênios, chamados A e B e duas aglutininas, chamadas de anti-A e de anti-B.

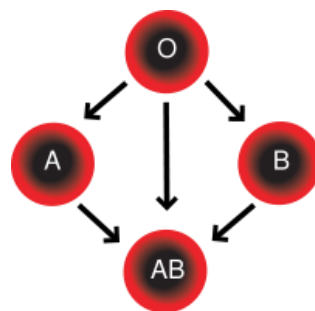


Aglutinogênios da superfície das hemácias determinam nosso tipo sanguíneo.

As principais diferenças encontradas entre os tipos sanguíneos do sistema ABO estão listadas na tabela abaixo:

Tipo sanguíneo	Aglutinogênio	Aglutinina
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	A e B	Nenhuma
O	Nenhum	Anti-A e Anti-B

Em relação às transfusões observa-se que o sangue O por não apresentar aglutinogênios pode doar para todos os demais grupos, enquanto o sangue AB pode receber de todos os grupos sanguíneos. Observe o quadro de transfusões a seguir:



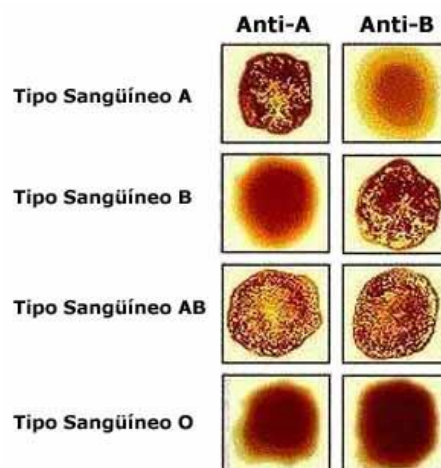
Transfusões do sistema ABO - a doação entre grupos diferentes restringe-se a pequenas quantidades de sangue, pois em transfusões de grandes volumes entre tipos sanguíneos diferentes poderá ocorrer aglutinação das hemácias do receptor em virtude da grande quantidade de aglutininas (anticorpos) transfundida.

A determinação genética do sistema ABO, foi proposto por Bernstein estabelecendo a presença dos alelos I^A , I^B , e i – o que caracteriza uma polialelia. Ocorre dominância absoluta entre I^A (dominante) e i (recessivo) e entre I^B (dominante) e i (recessivo), e codominância entre I^A e I^B , isto é, indivíduos com um gene de I^A e outro gene de I^B não são A nem B, e sim AB.

Tipo sanguíneo	Genótipos possíveis
A	$I^A I^A$ ou $I^A i$
B	$I^B I^B$ ou $I^B i$
AB	$I^A I^B$
O	ii

Determinação genética do sistema ABO

Existem vários exames que podem ser realizados para a tipagem sanguínea do sistema ABO. Um exame simples consiste em pingar gotas de sangue em uma lâmina e colocá-las para reagir com as aglutininas anti-A e anti-B. A aglutinação do sangue com a aglutinina anti-A indica a presença do aglutinogênio A. A aglutinação do sangue com a aglutinina anti-B indica a presença do aglutinogênio B. Observe o exame abaixo de indivíduos com os quatro tipos sanguíneos possíveis:



Teste de tipagem sanguínea para o sistema ABO

4. SISTEMA RH

Landsteiner e Wiener, em 1940, fizeram uma série de experiências com o sangue do macaco Rhesus e em coelhos, verificando nesse macaco a presença de uma fração antigênica que

imuniza os coelhos. Em trabalhos posteriores, verificaram que a população humana branca de Nova Iorque também apresentava esse antígeno.

Diferentemente do sistema ABO, que apresenta naturalmente as aglutininas anti-A e anti-B, o sistema Rh não apresenta a aglutina anti-Rh cuja ocorrência será induzida à formação pela presença do aglutinogênio Rh. Assim sendo, houve a determinação de que o indivíduo que apresenta o aglutinogênio Rh será chamado de Rh⁺ e aquele que não apresenta será chamado de Rh⁻. Baseando-se neste conceito, conclui-se que a ocorrência de aglutinação só será detectada em uma segunda transfusão incompatível, pois é necessário que ocorra uma primeira transfusão para que a aglutinina anti-Rh seja produzida.

Tipo Sanguíneo	Aglutinogênio
+	Presença do Ag Rh
-	Ausência do Ag Rh

Geneticamente há uma dominância absoluta entre os genes. Assim, o indivíduo Rh⁺ apresenta genótipos DD (RR) ou Dd (Rr) e o indivíduo Rh⁻ apresenta genótipo dd (rr).

Diferentemente do que muitos pensam, o sangue O não é o mais raro, pelo contrário, é o mais abundante na população mundial! A distribuição dos grupos sanguíneos na população humana não é uniforme, mas mundialmente o mais comum é o O⁺, enquanto que o mais raro é o AB⁻. Além disso, há variações na distribuição nos diferentes grupos étnicos: Nos aborígenes da Austrália, 68 % são O e 32 % são A; nos esquimós, 86 % são O; nos asiáticos, a grande maioria da população é do grupo B.

Obs.: Eritroblastose fetal ou Doença Hemolítica do Recém Nascido (DHRN)

A eritroblastose fetal, ou doença hemolítica do recém-nascido está diretamente relacionada aos problemas de transfusão entre os grupos do sistema Rh, pois se sabe que o indivíduo Rh⁻ pode doar sangue para indivíduos Rh⁺, mas no caso inverso haverá sensibilização ou até mesmo aglutinação, se o doador já tiver sido sensibilizado. Assim sendo, se a mãe é Rh⁻ e tiver uma gestação Rh⁺ ela poderá ser sensibilizada a produzir anticorpos anti-Rh que irá reagir contra as hemácias do feto em uma segunda gestação Rh⁺. Para evitar a ocorrência desta doença é necessário que esta mulher, após a primeira gestação, seja submetida ao tratamento com o soro anti-Rh, evitando assim que ela produza as aglutininas anti-Rh.



A eritroblastose fetal pode ocorrer sempre que a mãe for Rh⁻, o pai for Rh⁺ e o feto for Rh⁺

Apesar dos sistemas ABO e Rh serem os mais conhecidos em função dos problemas de incompatibilidade entre os seus diversos grupos, o homem apresenta outros sistemas que, devido ao pequeno poder antigênico, dificilmente apresentarão reações significativas de incompatibilidade. Assim, foram determinados outros sistemas como o sistema de Leweis, sistema Duffy, sistema Kidd, grupos Lutheron, grupo Xg e o sistema MN.

O sistema MN foi muito usado na medicina legal como mais um elemento de exclusão no caso de paternidade duvidosa. Desta forma, temos:

$L^M L^M$ – Fenótipo M.

$L^N L^N$ – Fenótipo N.

$L^M L^N$ – Fenótipo MN.

Atualmente o uso da tipagem sanguínea em exames de paternidade e criminalísticos foi completamente substituído por exames moleculares (ex.: exame de DNA fingerprint).

Genética – Parte 2

1. A SEGUNDA LEI DE MENDEL (DIIBRIDISMO)

Será que a segregação dos fatores que determinam uma característica é dependente ou independente dos fatores que determinam outras características? Com esta pergunta em mente Mendel realizou experimentos com ervilhas que diferiam em relação a dois pares de alelos. Neste cruzamento, que objetivava esclarecer a relação de diferentes pares de alelos, ele cruzou plantas que possuíam sementes amarelas e lisas com plantas que possuíam sementes verdes e rugosas.

Do cruzamento de uma planta com sementes amarelas e lisas com outra de sementes verdes rugosas (geração parental), verificou-se que todas as plantas obtidas apresentavam sementes amarelas e lisas (geração F1). Quando duas plantas desta geração foram cruzadas foram originadas plantas com sementes de quatro fenótipos, nas seguintes proporções: 9 amarelas e lisas: 3 amarelas e rugosas: 3 verdes e lisas: 1 verde e rugosas.

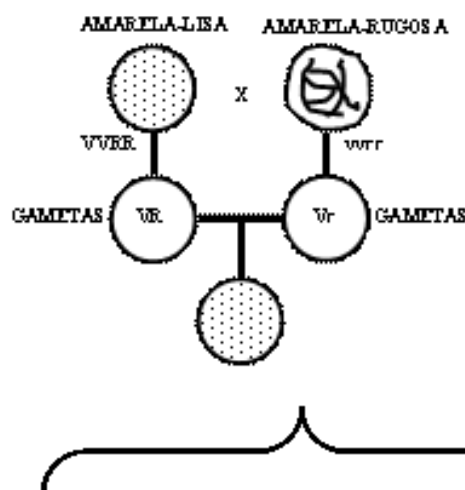
A partir deste cruzamento Mendel concluiu que:

→ As características amarela e lisa são dominantes sobre as características verde e rugosa.

→ Como foram geradas todas as combinações fenotípicas Mendel sugere a segregação independente dos fatores, mas como comprovar isso?

Como os resultados encontrados levando-se em conta que o resultado do cruzamento das características em separado eram os mesmos do que analisando-as em conjunto, Mendel postulou que “os fatores que determinam uma característica segregam de forma independente dos demais, como se estes não existissem”. Também conhecida como lei da segregação independente ou segunda lei de Mendel, hoje entendemos que os membros de dois pares de genes separam-se durante a formação dos gametas, distribuindo-se independentemente para esses gametas, onde se recombinam ao acaso no momento da fecundação.

Observe o cruzamento abaixo:



	♂	V_R	V_r	v_R	v_r
♀	V_R	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
V_r	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr	
v_R	VvRR	VvRr	vvRR	vvRR	
v_r	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr	

A proporção fenotípica encontrada foi exatamente: 9 amarelas-lisas; 3 amarelas-rugosas; 3 verdes-lisas e 1 verde-rugosa como previsto na 2ª lei de Mendel.

Para que as proporções previstas na segunda lei sejam alcançadas os genes das diferentes características obrigatoriamente devem estar localizados em cromossomos diferentes (não homólogos). Caso as proporções deem diferente isso sugere uma segregação dependente (exceção à segunda lei de Mendel), fato que ocorre quando os genes distintos localizam-se no mesmo par de cromossomos homólogos (linkage)

2. INTERAÇÃO GÊNICA

Nos problemas de segunda lei de Mendel normalmente observamos cada gene determinando uma única característica, porém existem situações em que dois ou mais pares de genes alelos diferentes se associam na determinação de uma única característica, denominamos esta situação de interação gênica. Os principais tipos de interação gênica são os genes complementares, a epistasia e a herança quantitativa.

- **Genes complementares ou herança qualitativa**

Genes complementares são aqueles que, quando isolados em um indivíduo, determinam o aparecimento de uma característica diferente daquela que aparece quando estão juntos. O exemplo mais conhecido é a determinação do formato da crista das galinhas, herança condicionada por dois pares de genes alelos R/r e E/e.



Diferentes tipos de crista são determinados por dois pares de genes complementares.

O gene dominante R, quando isolado, determina o aparecimento de "crista rosa". O gene E condiciona "crista ervilha". Nas aves que possuem ambos os genes dominantes, a crista é "noz". Os duplos homocigotos recessivos possuem cristas "simples".

genótipo	tipo de crista
R_E_	"noz"
R_ee	"rosa"
rrE_	"ervilha"
rree	"simples"

O cruzamento de uma ave de crista "noz", dupla homocigota, com uma ave de crista simples origina apenas descendentes de crista "noz". Se essas aves heterocigotas para ambos os pares forem cruzadas, será obtida a seguinte descendência:

Proporção genotípica	Proporção fenotípica
9 R_E_	9 aves de crista "noz"
3 R_ee	3 aves de crista "rosa"
3 rrE_	3 aves de crista "ervilha"
1 rree	1 ave de crista simples

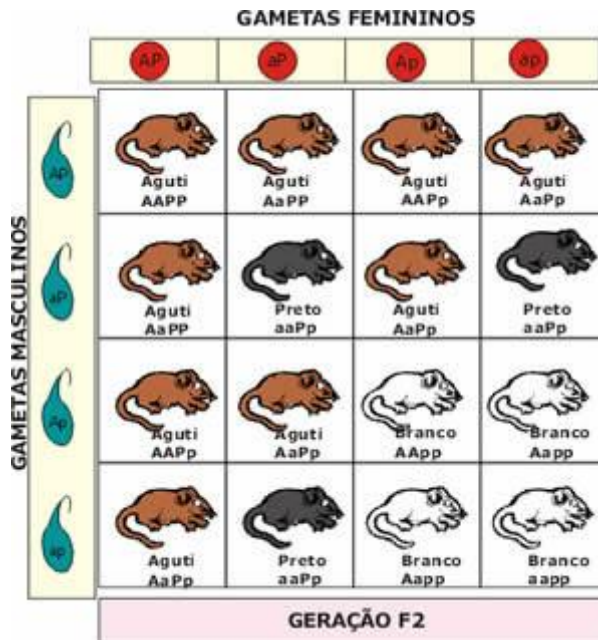
• **Epistasia**

Quando um gene inibe a expressão de seu alelo o denominamos dominante. Existem alguns casos, porém, em que um gene (epistático) inibe a ação de outro gene não alelo (hipostático) – o que caracteriza a epistasia.

Os fenótipos da cor do pelo em ratos são determinados por dois loci gênicos, que interagem entre eles. O loco que determina a cor da pelagem foi batizado como A. Quando o genótipo do indivíduo for A_ (este traço pode significar A ou a), ele apresentará a cor aguti e quando for aa o indivíduo terá os pelos pretos. O outro loco apenas controla a expressão do loco A. Sempre que o genótipo do indivíduo for P_, ele apresentará o fenótipo determinado por A, e quando o genótipo

for pp (epistático), o indivíduo será albino, independente do genótipo para o loco A. Qual será a proporção esperada do cruzamento de dois ratos aguti diíbridos (AaPp x AaPp)?

Observe o cruzamento abaixo:



A proporção encontrada é de:

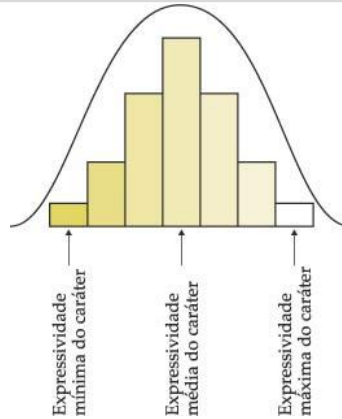
9 Aguti; 3 pretos e 4 brancos – diferente da esperada pela segunda lei de Mendel típica (9:3:3:1)

- **Herança quantitativa ou poligênica**

Nesse padrão de herança, o fenótipo é condicionado por dois ou mais pares de genes alelos, nos quais um deles é chamado gene aditivo, e o outro é o gene indiferente ou não-aditivo. Cada gene aditivo presente em um indivíduo determina o aumento na intensidade da expressão do fenótipo, não importando de qual par é esse gene aditivo. Os genes não-aditivos não acrescentam o mínimo na expressão do fenótipo.

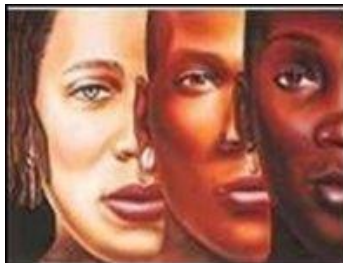
Dois aspectos sugerem que uma certa característica seja condicionada por herança quantitativa:

- Fenótipo com variação contínua ou gradual
- Distribuição fenotípica binomial na população (curva de Gauss)



Curva de Gauss sugere a ocorrência de herança quantitativa

Características como a estatura, inteligência e cor da pele possuem esta determinação genética.



A cor da pele é importante característica com herança quantitativa.

Um caso de herança quantitativa é a determinação da cor da pele na espécie humana, herança que envolve dois pares de poligenes. Os genes aditivos aumentam a produção da melanina, pigmento que torna a pele mais escura. Quanto mais genes aditivos, mais melanina é produzida e mais escura é a pele.

Uma mulher negra (genótipo AABB), casada com um homem branco (genótipo aabb), terá todos os seus filhos mulatos-médios, heterozigotos para ambos os pares de genes (AaBb). O casamento entre dois duplos heterozigotos pode originar qual descendência?

mulato médio X mulato médio

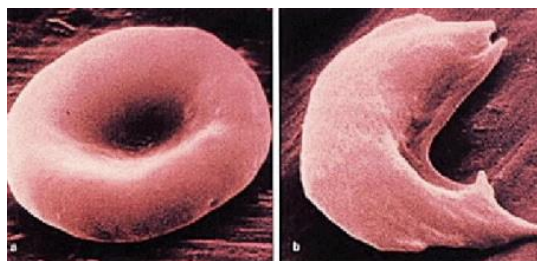
	AaBb		AaBb	
	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB Negro	AABb mulato escuro	AaBB mulato escuro	AaBb Púrpura
Ab	AABb mulato escuro	AAbb mulato médio	AaBb mulato médio	Aabb mulato claro
aB	AaBB mulato escuro	AaBb mulato médio	aaBB mulato médio	aaBb mulato claro
ab	AaBb mulato médio	Aabb mulato claro	aaBb mulato claro	aabb Branca

Fenótipos:
 1/16 : 4/16 : 6/16 : 4/16 : 1/16
 branco : mulato claro : mulato médio : mulato
 escuro : negro

3. PLEIOTROPIA

Assim como na interação gênica dois ou mais pares de genes podem trabalhar na manifestação de uma característica, na pleiotropia o mesmo par de genes pode ser responsável pela manifestação de mais de uma característica.

Um importante caso de pleiotropia na espécie humana é a anemia falciforme – doença em que a presença de hemoglobina falcêmica (determinada por gene mutante que altera somente um aminoácido da sua estrutura primária) promove a formação de hemácias em formato de foice que determinam menor oxigenação tecidual (cansaço, sonolência), problemas cardiovasculares (ex.: infartos) e resistência à malária! Em países africanos em que a malária é comum este gene é bastante frequente, pois pode conferir vantagem adaptativa a seus portadores.



Diferenças no formato da hemácia normal (esquerda) e falcêmica (direita)

4. GENÉTICA DO SEXO

A análise do conjunto cromossômico dos seres de reprodução sexuada nos leva, na maioria dos casos, a observação de um conjunto de cromossomos comum em machos e fêmeas. Esses cromossomos variáveis entre os sexos são conhecidos como heterossomos ou sexuais. Na espécie humana os machos apresentam 44 autossomos e dois sexuais representados por X e Y enquanto que as fêmeas apresentam 44 autossomos e dois sexuais representados por X e X.

No momento da meiose, em que são produzidos os gametas, um cromossomo de cada par se separa para gametas diferentes. Assim o homem produzirá gametas com 22 autossomos mais um cromossomo sexual, que pode ser X ou Y e a fêmea produzirá gametas com 22 cromossomos autossômicos mais um cromossomo sexual. Baseado nisso determinamos os homens como heterogaméticos, pois produzem gametas diferentes e as mulheres como homogaméticas pois produzem gametas com os mesmos tipos de cromossomos. O padrão XY é o mais comum no reino animal, porém há diversos outros tipos de determinação sexual.



A temperatura do ninho é fator determinante no sexo da tartaruga

Alguns genes podem ocorrer ou se manifestar de forma diferenciada no homem e na mulher. São descritas abaixo as principais formas de herança sexual:

- **Herança ligada ao sexo**

Este tipo de herança também é conhecido como herança sex-linked, pois é determinada por genes localizados na região X não homóloga a Y.

Dominante – Para que a característica se manifeste, tanto nos homens quanto nas mulheres, apenas um gene será necessário.

Recessiva – Para que a característica se manifeste no homem, basta que ele apresente apenas um gene enquanto que para que essa característica se manifeste na mulher são necessários um par de genes (pelo fato de ser XX).

Alguns casos importantes de herança ligada ao sexo são:

→ Hemofilia: Incapacidade de coagulação sanguínea determinada pela ausência de fator VIII sanguíneo

X^H – gene normal

X^h – gene hemofilia

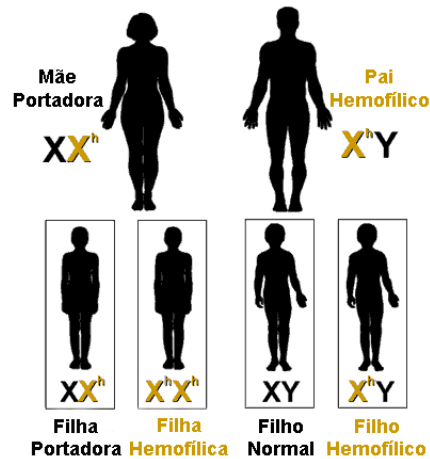
a) $X^H X^H$ – mulher normal

b) $X^H X^h$ – mulher normal portadora

c) $X^h X^h$ – mulher hemofílica

- d) X^HY – homem normal
e) X^hY – homem hemofílico

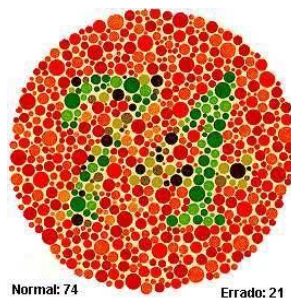
Observe o exemplo abaixo que demonstra a possibilidade de nascimento de filhos e filhas hemofílicos:



→ Daltonismo: Má formação dos cones da retina que determina a incapacidade de distinguir algumas cores (comumente o vermelho e o verde).

- X^D – gene normal
 X^d – gene para o daltonismo

- a) X^DX^D – mulher normal
b) X^DX^d – mulher normal portadora
c) X^dX^d – mulher daltônica
d) X^DY – homem normal
e) X^dY – homem daltônico



Qual número você vê na imagem acima? Se for 74, você tem visão normal. Caso veja 21 você é daltônico!

• Herança restrita ao sexo

Determinada por genes localizados na região Y não homóloga a X, chamados genes holândricos uma vez que estes genes possuem ocorrência exclusiva nos homens. Um exemplo típico desta herança é a hipertricose auricular (excesso de pelos na orelha), característica exclusivamente masculina.

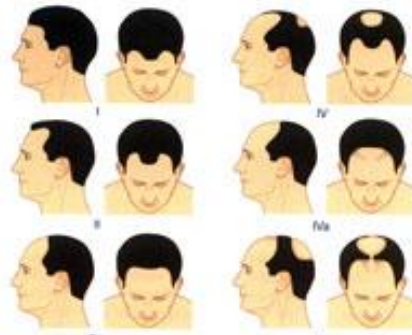


Excesso de pelos na orelha é característica restrita ao sexo

- **Herança influenciada pelo sexo**

Apesar do nome é uma característica determinada por genes localizados em cromossomos autossômicos. Esta herança é estudada junto com as heranças sexuais em função do gene mudar de comportamento (dominante ou recessivo) dependendo do sexo em questão, tendo sua expressão variável no sexo masculino e feminino.

Exemplo: Calvície humana



A calvície é muito mais comum no homem do que na mulher, pois seu gene comporta-se como dominante no homem e recessivo na mulher

C1 – gene para normalidade.

C2 – gene para calvície.

Homem	Mulher
C1C1 – Normal	C1C1 – Normal
C1C2 – Calvo	C1C2 – Normal
C2C2 – Calvo	C2C2 – Calva

5. ENGENHARIA GENÉTICA

A Engenharia Genética é um conjunto de técnicas que envolvem a manipulação de genes de um determinado organismo, geralmente de forma artificial. Esta manipulação envolve duplicação, transferência e isolamento de genes, com o objetivo de produzir organismos geneticamente melhorados para desempenharem melhor suas funções e produzir substâncias úteis ao homem. Sua origem está fortemente associada a descoberta na década de 1970 pelo o suíço Werner Arber e os norte-americanos Daniel Nathans e Hamilton O. Smith das enzimas de restrição ou endonucleases, enzimas que são capazes de cortar o DNA em pontos precisos. Juntamente com

a enzima DNA Ligase, que consegue unir fragmentos de DNA, enzimas de restrição formaram a base inicial da tecnologia do DNA recombinante.

Descreveremos a seguir algumas de suas aplicações importantes: a clonagem, o DNA fingerprint e a transgenia.

- **Clonagem**

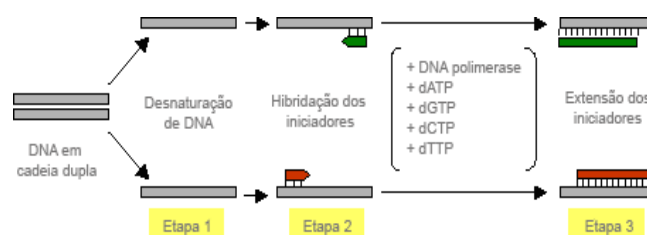
Clonagem em biotecnologia refere-se aos processos usados para criar cópias de fragmentos de DNA (clonagem molecular), células (clonagem celular), ou organismos geneticamente iguais (clonagem reprodutiva). Em todos seus aspectos a clonagem pode ser encontrada na natureza. Genes são clonados através da autoduplicação, células são clonadas naturalmente através da mitose e a reprodução assexuada de microrganismos, vegetais ou animais garante a produção de muitas cópias idênticas ao original.

O processo de clonagem reprodutiva já é realizado pelo homem há milhares de anos na propagação de plantas como bambus, canaviais e violetas. Atualmente, a engenharia genética vem acelerando drasticamente este processo permitindo desta forma grandes avanços na agricultura e no tratamento de doenças.

- **Clonagem molecular:**

Em 1993 o geneticista Kary Mullis recebeu o prêmio Nobel da Química pelo desenvolvimento de um método que permite sintetizar, em poucas horas e *in vitro*, uma grande quantidade de um determinado fragmento de DNA. Esta técnica faz parte integrante da moderna biotecnologia molecular, tendo trazido um enorme progresso a áreas como o diagnóstico de doenças e medicina forense.

A técnica de PCR (polymerase chain reaction - reação em cadeia pela polimerase) baseia-se no processo de replicação de DNA que ocorre *in vivo*. Durante o PCR são usadas elevadas temperaturas de forma a separar as moléculas de DNA em duas cadeias simples, permitindo então a ligação de oligonucleotídeos iniciadores (*primers*), também em cadeia simples e geralmente constituídos por 15 a 30 nucleotídeos, obtidos por síntese química. Após a ligação dos primers, a DNA polimerase atua na síntese da cadeia complementar, usando como molde cada uma das duas cadeias simples constituintes do DNA a amplificar



O PCR é capaz de produzir milhares de cópias de um fragmento de DNA

Para realizar PCR são necessárias pequenas quantidades do DNA alvo, um tampão salino contendo a polimerase, primers, os quatro desoxirribonucleotídeos constituintes do DNA e o cofator Mg^{2+} . Esta mistura é submetida a vários ciclos de amplificação que consistem em:

Desnaturação do DNA alvo pelo calor (tipicamente 1 minuto a 94-96°C), de modo a separar as duas cadeias

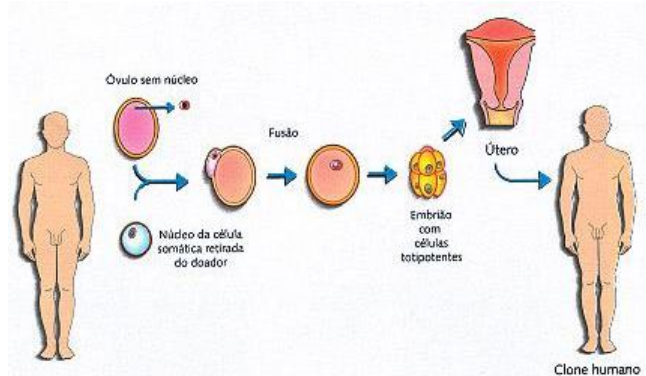
Associação dos iniciadores por ligações de hidrogênio ao DNA alvo em cadeia simples.

Extensão dos iniciadores através da síntese da cadeia complementar de cada cadeia molde, catalisada pela DNA polimerase

O processo envolvendo estes três passos, pode ser repetido várias vezes (25 a 30 ciclos) sendo possível aumentar, em cada ciclo, duas vezes a concentração de DNA pré-existente. Atualmente, utiliza-se em PCR moléculas de DNA polimerases termoestáveis isoladas de bactérias termoacidófilas (Taq DNA polimerase) que atua a temperaturas elevadas sem sofrer a desnaturação.

- **Clonagem reprodutiva:**

Uma das técnicas básicas usadas por cientistas é a transferência nuclear da célula somática (SCNT ou TNCS). Esta técnica foi usada por cientistas durante muitos anos, para clonar animais através de células embrionárias.



Clonagem reprodutiva: Estamos prontos para clonar o homem?

Como o nome da técnica implica, a transferência de uma célula somática está envolvida neste processo. Seu núcleo diploide (2N) é introduzido em um óvulo anucleado. Após a fusão, a célula gerada irá desenvolver como um embrião normal sendo colocado no útero de uma "mãe-de-aluguel" para um desenvolvimento mais propício.

Os problemas associados com a técnica de SCNT são o stress em ambas as células envolvidas no processo. Isto resulta numa taxa elevada de mortalidade de ovos.

A primeira clonagem animal ocorreu no ano de 1996, na Escócia, no Instituto de Embriologia Roslin em que o embriologista responsável, Dr. Ian Wilmut, conseguiu clonar uma ovelha, batizada de Dolly. Após esta experiência, vários animais foram clonados, como por exemplo, bois, cavalos, ratos e porcos.



Dolly – o primeiro vertebrado clonado

A ovelha Dolly morreu alguns anos depois da experiência e apresentou características de envelhecimento precoce. O encurtamento do telômero (parte do cromossomo responsável pela

divisão celular) pode ter sido a causa do envelhecimento precoce do animal. Por isso, o telômero tem sido alvo de pesquisas no mundo científico. Os dados estão sendo até hoje analisados, com o objetivo de se identificar os problemas ocorridos no processo de clonagem.

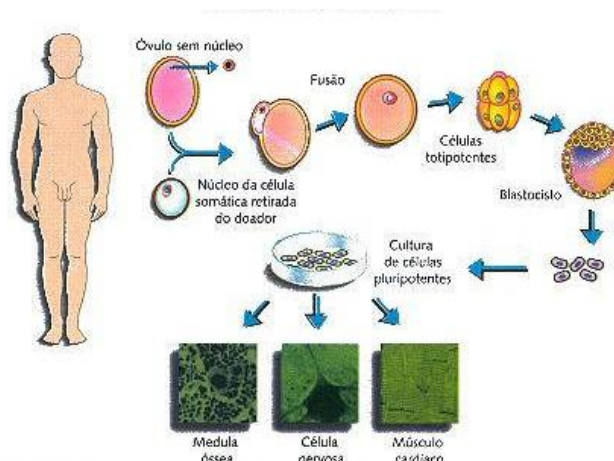
- **Clonagem terapêutica:**

A Clonagem terapêutica é um procedimento cujos estágios iniciais são idênticos à clonagem para fins reprodutivos mas que difere no fato da blástula (segundo estado de desenvolvimento do embrião) não ser introduzida no útero: esta é utilizada em laboratório para a produção de células tronco a fim de produzir tecidos ou órgãos para transplante.

As células embrionária/células-tronco embrionárias são particularmente importantes porque são multifuncionais (totipotentes), isto é, podem ser usadas em diferentes tipos de células. Podem ser utilizadas no intuito de restaurar a função de um órgão ou tecido, transplantando novas células para substituir as células perdidas pela doença, ou substituir células que não funcionam adequadamente devido a defeito gene/genético (ex.: neurônio/doenças neurológicas, diabetes, coração/problemas cardíacos, Acidente vascular cerebral, lesões da coluna cervical e sangue/doenças sanguíneas).

As células embrionárias/células-tronco adultas não possuem essa capacidade de transformarem-se em qualquer tecido, podendo ser, porém, pluripotentes. As células mesenquimais, por exemplo, podem originar células de diferentes tecidos conjuntivos (ex.: ossos e cartilagens), mas não músculos ou neurônios.

Em 2007, um grupo japonês de pesquisadores e um grupo norte-americano anunciaram, separadamente, terem tido êxito na criação de células-tronco pluripotentes induzidas (iPS, em inglês,) a partir da pele humana. Tais células têm a capacidade de diferenciar-se em várias células do tecido humano, incluindo neurônios e tecido coronário. O uso destas células no futuro pode substituir as células-tronco embrionárias, pois sendo retiradas do mesmo indivíduo receptor, elas podem ser usadas em autoimplantes sem nenhum risco de rejeição. Estudos de longo prazo são importantes uma vez que sendo pouco diferenciadas, um grande risco do uso de células-tronco é a perda do controle de sua divisão celular aumentando-se os riscos de câncer.



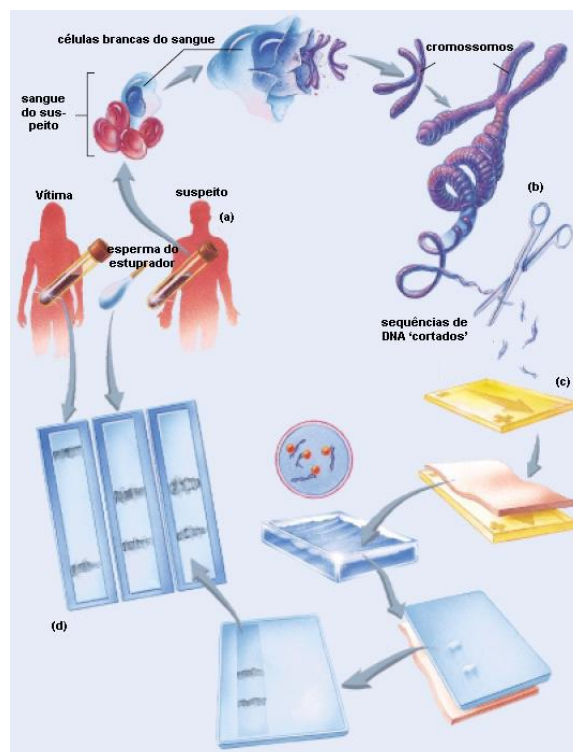
Doenças como a paraplegia e o mal de Parkinson poderão ter sua cura com o uso da clonagem terapêutica

- **DNA fingerprint**

A partir da década de 1980, quando as primeiras técnicas para identificação humana foram desenvolvidas, a expressão “DNA fingerprint” passou a ser largamente conhecida. As análises de DNA possuem hoje grande uso na área criminal, análise de paternidade e mesmo estudos ecológicos e evolutivos.

No genoma humano existem sequências de DNA repetitivas que são reconhecidas e cortadas por determinadas enzimas de restrição. Após a extração do DNA do organismo a ser analisado, estas enzimas dividem o DNA em fragmentos cujas dimensões e composição de nucleotídeos variam de pessoa para pessoa e refletem as diferenças entre os alelos dos vários loci.

Para a separação dos diferentes fragmentos de DNA eles são colocados no aparelho de eletroforese (técnica em que determinadas moléculas são sujeitas à ação de um campo elétrico sobre um gel poroso). As amostras de DNA são colocadas no polo negativo do aparelho e, graças ao fosfato que possuem em sua composição, migram em direção ao polo positivo. Fragmentos maiores migram menos e os menores migram mais, gerando um padrão de bandas que difere de indivíduo para indivíduo.



Exames de DNA aparecem hoje em inúmeras séries de TV para a identificação dos criminosos

• Transgenia

Transgenia é a inserção, no genoma de um organismo receptor, através de técnicas de Engenharia Genética, de um ou mais genes obtidos de indivíduos diferentes, que podem ser da mesma espécie do indivíduo receptor, ou de espécie diferente.

Os primeiros estudos da técnica foram conduzidos para a produção comercial da insulina, medicamento essencial a muitos diabéticos. Genes humanos foram inseridos em bactérias, que produzem a substância humana. Mas isso não gerou grande polêmica, já que o organismo transgênico fica sem contato direto com os humanos e com o meio-ambiente.

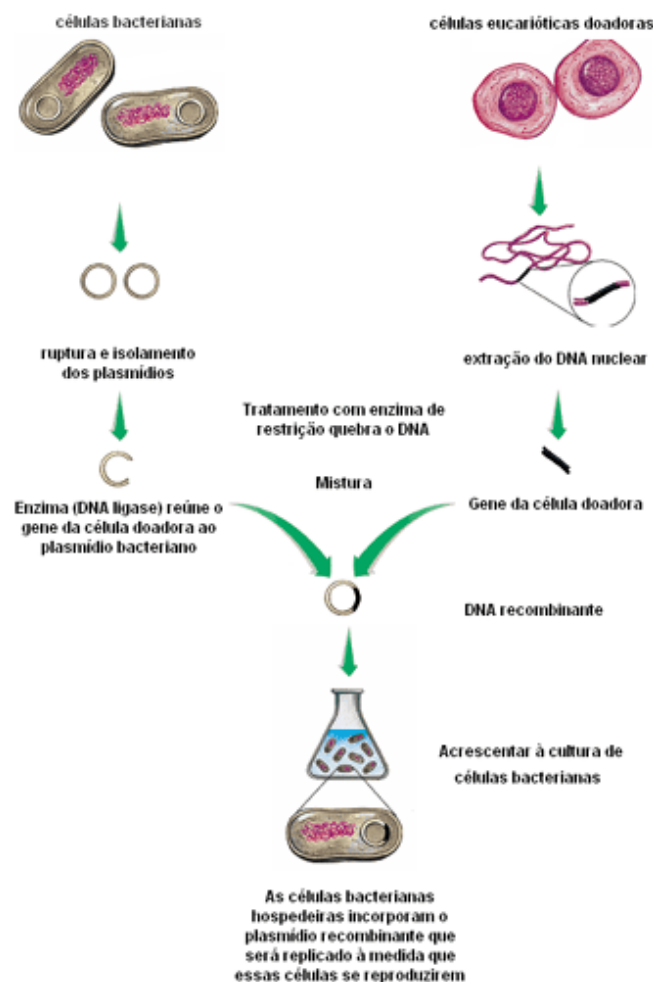
Um dos principais fatores que contribuíram para o desenvolvimento da técnica foi os grandes ataques de pragas e doenças nas culturas agrícolas em todo o mundo, e ao alto custo e periculosidade de inseticidas e fungicidas agrícolas. A inserção de genes possibilitou a redução

ou erradicação do ataque de certas pragas e doenças em algumas culturas, sem o uso excessivo de agrotóxicos.



Arroz dourado (esquerda) em comparação com o comum. A inserção de genes por transgenia permitiu a criação de um arroz enriquecido com vitamina A.

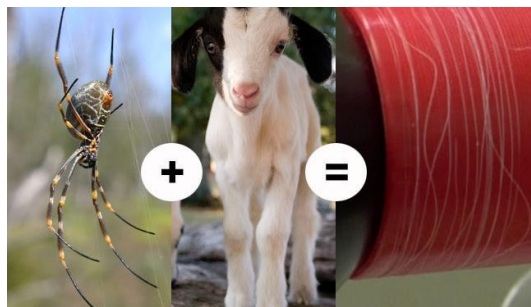
Mas a transgenia possui muitas outras funções além do uso agrícola, como o uso na produção de medicamentos, uso na produção de enzimas e reagentes para indústrias, e mesmo desenvolvimento de microrganismos e plantas que podem auxiliar na mitigação de impactos ambientais (biorremediação).



A transgenia permite a produção de medicamentos como a insulina e o hormônio de crescimento humano em bactérias transgênicas

São várias as vantagens que o uso de organismos geneticamente modificados pode trazer. Destacam-se:

- Melhoria da produção por área agrícola, exigindo menor expansão de áreas. Isso reduz o desmatamento e pode aumentar a renda do produtor.
- Potencial de redução do uso de defensivos agrícolas (agrotóxicos), o que evita a contaminação de animais, plantas e mananciais.
- Possibilidade da fabricação de medicamentos que antes eram inviáveis. Plantas podem começar a produzir substâncias específicas em grande quantidade para a extração.
- Possibilidade da suplementação nutricional em alimentos. Plantas que geram alimentos com mais nutrientes específicos, para suprir onde locais com deficiências.
- Possibilidade de inclusão de vacinas em alimentos para países pobres.
- Possibilidade da redução dos custos dos alimentos. Maior produtividade agrícola, maior oferta de alimentos e consequente queda de preços.



Cabras com genes de aranhas produzem a teia em seu leite. A extração deste polímero permite a produção de tecidos ultrarresistentes

São muitos os aspectos que causam polêmica quando falamos de transgênicos. As principais são as consequências da liberação de plantas transgênicas no ambiente, e os danos que esses alimentos poderiam estar trazendo à saúde humana e animal.

Impactos ao meio ambiente: Quando introduzimos uma espécie diferente em um meio, devemos tomar sempre muito cuidado, pois esse é um processo normalmente irreversível. A reprodução natural de organismos geneticamente modificados poderia causar grandes desastres, já que poderiam entrar em competição com as espécies nativas da região, ou mesmo cruzar com espécies nativas próximas, gerando novas plantas.

Possíveis danos à saúde: Quando um gene é introduzido em uma planta, uma característica favorável pode ser introduzida juntamente com uma característica indesejável. Ou seja, ao mesmo tempo em que uma planta adquire resistência a uma doença, ela pode produzir toxinas ao homem. Existem diversas acusações de intoxicações alimentares causadas supostamente por alimentos transgênicos. Mas é importante observar que ainda não há qualquer prova concreta de que alimentos transgênicos possam causar danos à saúde de humanos e animais.

Pagamento de royalties: A permissão da geração de patentes sobre seres vivos é uma das mais importantes pautas da discussão sobre organismos geneticamente modificados. Vale ressaltar que todos os transgênicos produzidos por empresas privadas são patenteados. Isso significa que a cada vez que algum produtor utiliza sementes transgênicas, eles devem pagar taxas para quem as criou, sendo essas taxas chamadas de royalties. Essa patente vale mesmo para as sementes geradas naquela propriedade rural através da planta transgênica.

Aumento do uso de herbicidas: Muitos tentam comprovar que houve aumento no uso de herbicidas com o uso de transgênicos, e não uma redução, como havia sido dito pelas empresas

produtoras de sementes. Algumas cultivares de plantas lançadas eram resistentes a determinados herbicidas, sendo útil para a utilização do herbicida já com a plantação formada, sem causar danos à produtividade.

O uso de organismos geneticamente modificados (transgênicos) na agricultura pode gerar muitos benefícios à população mundial. Apesar disso, ainda há muitas controvérsias sobre a biossegurança da sua liberação no meio ambiente e da sua segurança no consumo alimentício. Devemos evitar radicalismos, pois eles impedem a nossa sociedade de trabalhar em conjunto para a busca de novas soluções. É importante ressaltar que a transgenia é uma técnica, podendo ser utilizada tanto positiva quanto negativamente.

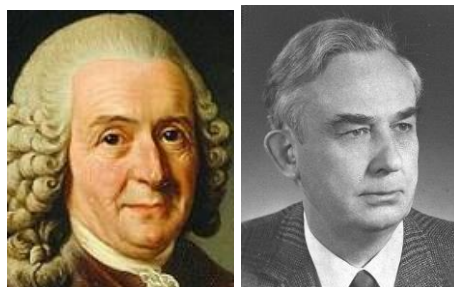
Taxonomia – Parte 1

1. INTRODUÇÃO

A sistemática biológica é o ramo das ciências naturais que lida com a nomenclatura, descrição e organização da diversidade biológica em esquemas hierárquicos. Ela vem sendo desenvolvida desde os primeiros esforços humanos em direção ao entendimento da informação biológica com vistas ao agrupamento dos organismos em classes, e à identificação, entre elas, de quais seriam entidades naturais. Desde Aristóteles vários pensadores tentaram criar métodos eficazes para a classificação, mas foi Lineu no século XVIII quem deu largo passo em direção à padronização.

Em 1735, o botânico Carl von Linné (conhecido no Brasil como Lineu) de origem sueca, propôs um sistema de classificação bastante simples, mas bem eficiente, que visava à observação de diversos aspectos para agrupar os seres vivos. Seres com aspectos semelhantes eram agrupados em reinos e dentro desses reinos os mais semelhantes eram agrupados em filos e assim sucessivamente até a espécie, que aloca os seres com a maior quantidade de características semelhantes.

Sendo assim, temos como principais categorias taxonômicas propostas por Lineu o Reino – Filo – Classe – Ordem – Família – Gênero – Espécie. Com o aumento do número de seres descobertos, foi necessário se ampliar ainda mais esse quadro com a inclusão de subespécie, subgênero, subclasse etc. Inicialmente foram propostos dois Reinos: o animal e o vegetal. Posteriormente outros Reinos surgiram até 1969, quando R. H. Whittaker propôs uma nova classificação dividindo os seres vivos em cinco Reinos.



Lineu e Hennig foram grandes contribuintes para a sistemática moderna

Outras importantes normas criadas por Lineu foram:

→ a língua padrão a ser utilizada é o latim

→ espécies sempre devem ter dois nomes (epítetos), sendo grafadas em destaque (negrito ou itálico).

Ex.: *Homo sapiens*

→ subespécies (raças) devem ser trinomiais e também grafadas em destaque.

Ex.: *Homo sapiens sapiens*



O parentesco é maior nas espécies, mas a diversidade de caracteres é maior no reino

Atualmente, classificação biológica apoia na homologia (parentesco), sendo este o principal princípio da sistemática filogenética criada por Willi Hennig. A filogenética hennigiana visa à criação de um sistema classificatório de referências que reflita a evolução. Nesse sentido, Hennig propôs que apenas grupos monofiléticos são naturais, uma vez que eles seriam os únicos que realmente respeitam o conceito evolutivo da ancestralidade comum. Um grupo monofilético é definido como a reunião de todos os descendentes de um ancestral comum, este incluso.

São descritos a seguir os principais grupos de seres vivos:

2. VÍRUS – OS SERES SEM REINO

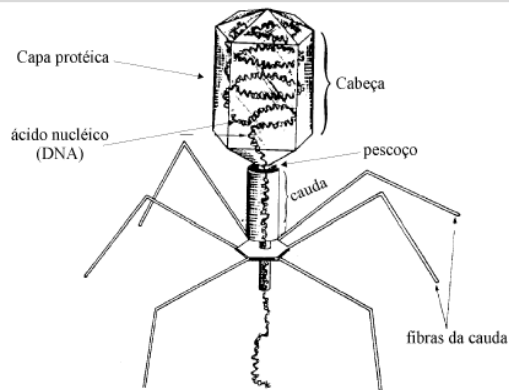
Vírus, seres vivos ou não? Esta pergunta está longe de ser respondida, pois estes seres que chamamos de vírus possuem ao mesmo tempo inúmeras características de seres vivos, mas também de matéria bruta.

São seres acelulares apresentando apenas um tipo de ácido nucléico em sua composição (DNA ou RNA) o que lhes conferem capacidade mutacional, que é uma característica típica dos seres vivos. Ao longo do tempo, ao mesmo tempo que surgem linhagens por mutação, outras linhagens podem ser eliminadas pela ação da seleção natural, logo pode-se afirmar que vírus evoluem, outra característica inerente à vida.

A sua capacidade de reprodução está diretamente dependente do parasitismo de outros organismos. Sendo assim, são considerados parasitas intracelulares obrigatórios.

- **Estrutura:**

São formados por uma cápsula de natureza proteica denominada capsídeo que é específica para cada tipo de vírus que envolve e protege o material genético. Esta peculiaridade permite que os vírus identifiquem as suas células hospedeiras específicas.



Desenho esquemático das principais estruturas virais

• Reprodução:

A sua reprodução consiste na capacidade que este vírus tem de injetar no interior da bactéria (sua célula hospedeira) o seu material genético que passa a comandar o metabolismo da célula. Atualmente, sabe-se que existem três tipos principais de multiplicação viral, a dos DNA vírus, a dos RETROVÍRUS e a dos RNA REPLICANTES.

Os ácidos nucléicos e as proteínas são macromoléculas que desempenham um papel chave na vida de uma célula. O fluxo de informação para gerar um RNA e do RNA uma proteína, juntamente com o fluxo da transmissão da informação do DNA para DNA, forma o dogma central da biologia molecular. Entretanto, a proposta original, foi ampliada nos últimos anos com a descoberta, em 1970, da enzima transcriptase reversa (enzima típica dos retrovírus) onde ficou esclarecido, que é possível sintetizar DNA utilizando-se RNA como molde. Um pouco antes disto, por volta de 1965, Spiegelman & Haruna haviam demonstrado que o RNA também podia servir de molde para a síntese de outras moléculas de RNA. Isto foi possível devido ao isolamento da enzima RNA replicase codificada por um vírus infeccioso cuja informação genética está contida numa molécula simples de RNA.

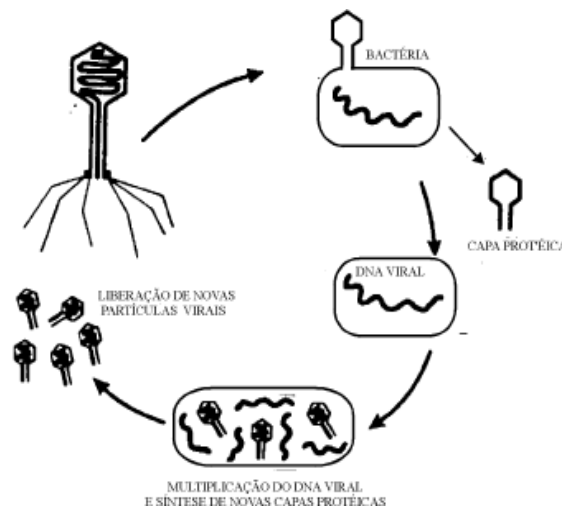


O dogma central da biologia molecular hoje inclui alguns processos exclusivamente virais

→ **DNA vírus:** Ao infectarem a célula hospedeira, ligam seu DNA ao DNA da célula formando um pró-vírus. Este pró-vírus transcreverá RNAs virais que se utilizarão dos ribossomos da célula para traduzir novas proteínas virais. Após a replicação do DNA novos DNAs recém produzidos se reunirão às novas proteínas gerando novos vírus que são liberados da célula através da ruptura de sua membrana plasmática.

Alguns DNA vírus importantes são os adenovírus, bacteriófagos, herpes e HPV.

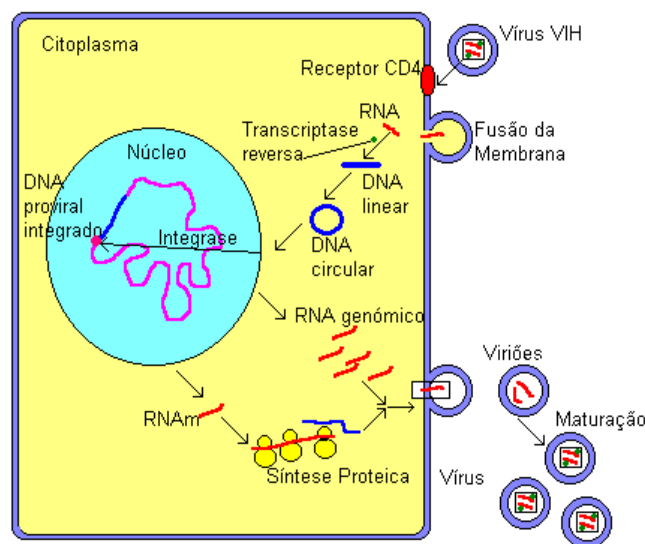
Observe o ciclo resumido abaixo:



→ **Retrovírus:** Este tipo de vírus de RNA possui a enzima transcriptase reversa que, a partir do RNA viral, forma um molde de DNA que, posteriormente, formará um DNA completo que se ligará ao DNA da célula hospedeira (pró-vírus). O DNA viral servirá de matriz para comandar a produção do RNA viral (transcrição) e das proteínas da cápsula (tradução). O seu nome é justificado pela formação do molde de DNA a partir do RNA, isto é, a ocorrência de uma transcrição reversa (ao contrário).

Os principais retrovírus que acometem o homem são o HIV (AIDS) e o HTLV.

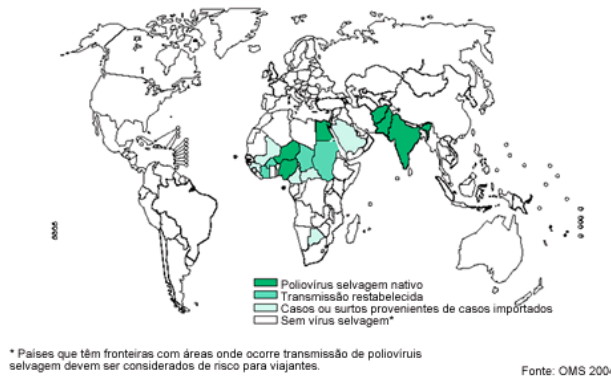
Observe abaixo o ciclo dos retrovírus:



→ **RNA replicantes:** Os vírus RNA replicantes nunca formam DNA na célula hospedeira. Sua replicação ocorre diretamente a partir de seu RNA sob a ação da enzima RNA replicase. Além da replicação do RNA, seu RNA genômico ou seu RNA complementar pode atuar como

RNA, produzindo novas proteínas (tradução) que juntamente com o RNA originarão novos vírus.

Alguns vírus RNA replicantes originam doenças importantes como a dengue, febre amarela, gripe, pneumonia asiática, rotavirose e poliomielite.



Graças às campanhas de vacinação contínua, atualmente são poucos os países que ainda possuem casos de poliomielite.

São inúmeras as viroses que podem acometer o homem, causando desde o mais simples resfriado até mesmo doenças letais como o ebola.

Muitas viroses são transmitidas pelo ar, podendo causar doenças principalmente em pessoas com baixa imunidade como, por exemplo, crianças. Dentre as viroses transmissíveis pelo ar (gotículas de saliva) destacam-se: gripes e resfriados, catapora, sarampo, rubéola e poliomielite.

Viroses como a hepatite A e o rotavírus são transmissíveis por água e alimento contaminados com fezes. Situações como enchentes e a falta de saneamento básico contribuem para a reemergência destas doenças com esta forma de transmissão.

A erradicação da varíola

Em 1980 a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a erradicação da varíola no mundo. Três décadas depois, o feito ainda pode ser considerado como o mais importante da virologia humana. Causada pelo Orthopoxvírus variolae, a varíola foi a primeira doença infecciosa extinta pela vacinação preventiva. Apesar de a doença ter sido erradicada, o Orthopoxvírus variolae continua conservado em alguns laboratórios nos Estados Unidos e na Rússia, logo existe um grande receio dos governantes do mundo inteiro que este vírus possa a ser usado como arma biológica causando grande pandemia antes que se haja tempo para uma nova grande campanha de vacinação.

Algumas viroses podem ser transmitidas ao homem através do contato com animais. É o caso da raiva, que pode ser transmitida por mordidas de cães, gatos e morcegos. Assim como viroses cujos vetores são os mosquitos, como a dengue e a febre amarela, ambas transmitidas pela fêmea do mosquito *Aedes aegypti*.



Combater os sítios de deposição de ovos do mosquito (caixas-d'água abertas, pratos de plantas, pneus velhos) ainda é a melhor forma de se evitar a dengue.

As principais viroses sexualmente transmissíveis (DST) são a herpes, hepatite B e C, e o condiloma genital (principal causa do câncer de colo de útero) e a AIDS.



O exame preventivo (papanicolau) e a vacinação anti-HPV são as principais formas de prevenção do câncer do colo do útero.

Obs.: AIDS

Dentre os diversos tipos de retrovírus pode-se citar o vírus da AIDS que tem como agente etimológico o vírus HIV. Este vírus atua no linfócito T CD4, principal estimulador da proliferação dos linfócito B, células de defesa que produzem anticorpos. Com a destruição dos linfócitos T, todo o sistema imune fica comprometido, vindo a sofrer com a incidência de inúmeras infecções oportunistas. Sua transmissão ocorre através de sangue e sêmen contaminados.

O uso de preservativos, cuidados na necessidade de transfusões sanguíneas, esterilização de materiais cirúrgicos e odontológicos, utilização de agulhas e seringas descartáveis, e cuidados especiais na gravidez e a amamentação de mulheres soropositivas são as principais formas de controle desta doença.

3. REINO MONERA

Conhecidos pela designação muito geral de bactérias, estes microrganismos vivem na Terra há cerca de 3800 M.a. (era pré-Câmbrica), existindo evidências que tenham sido os ancestrais de todas as formas de vida na Terra. Pelo menos até há cerca de 1500 M.a. eram as únicas formas de vida no planeta.

Foram identificadas pela primeira vez há cerca de 300 anos, pelos primeiros microscopistas, mas nem todas as chamadas bactérias são iguais. Podem ser encontrados em todos os meios, ar, água, solo ou mesmo no interior de outros organismos. Isto deve-se ao fato destes organismos poderem suportar grandes pressões, temperaturas elevadas, concentrações osmóticas mortais para outros organismos e valores de pH radicais.

Os procariontes dominam a biosfera, superando em número e massa todos os outros organismos, pelo que têm um enorme impacto coletivo na Terra. Embora muito pequenas (geralmente medem entre 1 a 10 μm , quando comparadas com as células eucarióticas que medem entre 10 e 100 μm), no mar chegam a formar 90% da massa total de organismos vivos e num grama de solo agrícola há em média 2,5 mil milhões de bactérias.

O metabolismo das bactérias é extremamente diverso. Sua respiração pode ser:

→ Anaeróbia obrigatória: Vive apenas na ausência de oxigênio. Ex.: *Clostridium tetani*.

→ Anaeróbia facultativa: Realiza respiração, quando na presença de oxigênio, mas na falta desse gás realizam fermentação. Ex.: lactobacilos.

→ Aeróbia: Vive apenas na presença de oxigênio. Ex.: *Mycobacterium tuberculosis*.

Em relação à nutrição as bactérias podem ser:

→ Heterotrófica por absorção: Representa o maior grupo de bactérias que por não terem a capacidade de produzir a própria matéria orgânica, necessita adquirir essa matéria orgânica já pronta.

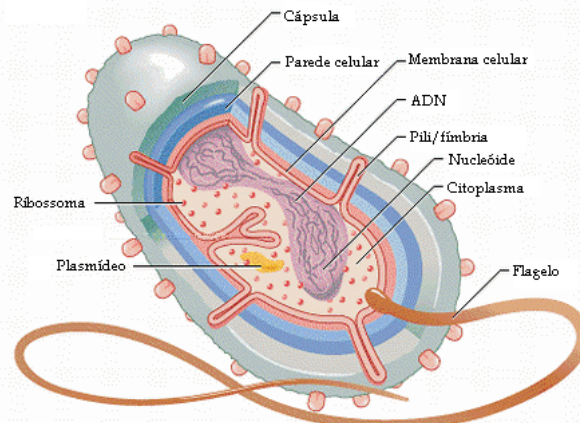
→ Autotrófica: Representa aquele grupo que tem a capacidade de produzir a sua própria matéria orgânica. Neste caso, podem ser observados dois tipos de bactérias autotróficas: as fotossintetizantes (ex.: cianobactérias) e as quimiossintetizantes (ex.: nitrobactérias).



Fumarolas negras a 2.500 metros de profundidade abrigam bactérias autotróficas quimiossintetizantes

As principais características encontradas neste reino são:

→ Cápsula: Algumas bactérias apresentam, externamente à parede celular, uma camada viscosa de natureza polissacarídica ou, em menor frequência, proteica. A cápsula constitui um dos antígenos de superfície de bactérias e está relacionada a sua virulência, uma vez que as bactérias que as apresentam são mais dificilmente fagocitadas e, por isso, mais virulentas.



Desenho esquemático de bactéria típica

→ Parede celular: Determina a forma da bactéria e é formada por uma malha de polímeros chamada de peptidoglicano que apresenta na sua composição, basicamente, acetil-glicosamina e ácido acetil-murâmico além de uma pequena cadeia de aminoácidos que tem como função promover interligações para formar uma rede de alta resistência.

→ Membrana plasmática: Constituída por uma dupla camada fosfolipoprotéica além de lipopolissacarídeos, lipoproteínas e porinas que são proteínas que se dispõe de modo a formar canais de passagem através da membrana.

→ Fímbrias: São estruturas finas e curtas de natureza proteica encontradas nas bactérias gram-negativas relacionadas à capacidade de adesão ou com finalidade sexual, sendo usadas para que as bactérias troquem material genético no fenômeno da conjugação. As fímbrias não estão relacionadas a motilidade.

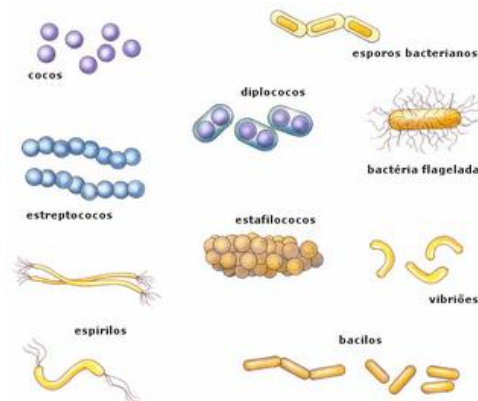
→ Flagelo: São estruturas finas e longas de natureza proteica que pode ser usado para classificação taxonômica das bactérias, estão relacionadas a motilidade das bactérias.

→ Ribossomos: São estruturas que conferem um aspecto granuloso ao citoplasma, observado apenas ao microscópio eletrônico. Os ribossomos são constituídos por duas subunidades que se reúnem formando uma partícula ribossômica completa 70 S (diferentes do ribossomo eucarionte que é 80 S).

→ Nucleóide: Formado por um cromossomo circular composto apenas por DNA que apresenta o material genético da bactéria. No momento de divisão da bactéria este cromossomo desempenha a sua capacidade de autoduplicação, dando origem a outro geneticamente igual.

→ Plasmídeo: As bactérias podem apresentar pequenos segmentos de DNA autossuficientes capazes de sintetizar proteínas que podem servir de vantagem seletiva para as bactérias que as apresentam.

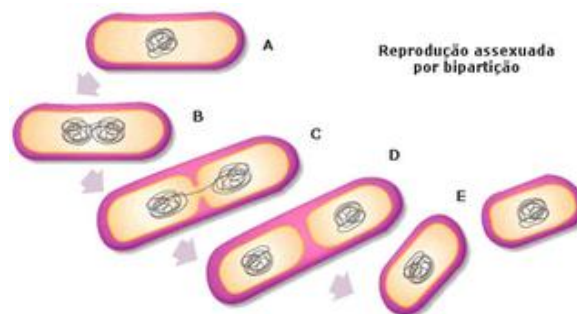
→ Mesossomo: É uma invaginação da membrana plasmática que se acredita apresentar funções relacionadas a respiração e a divisão da bactéria.



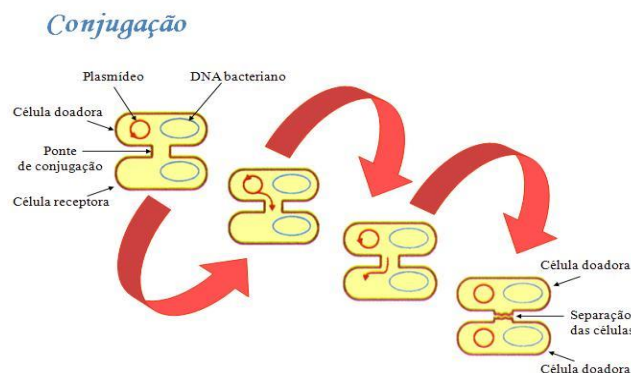
O formato das bactérias é bastante variável. Sendo os principais os cocos, bastonetes, vibriões e espiroquetas.

Quanto à reprodução, todas as bactérias reproduzem de forma assexuada. Alguns mecanismos especiais de reprodução são observados em bactérias, garantindo o aumento de sua variabilidade genética.

→ Assexuada: A maior parte das bactérias reproduz-se assexuadamente por divisão binária ou cissiparidade. Este processo consiste na duplicação do material genético seguido de citocinese, originando assim duas bactérias geneticamente iguais.



→ Conjugação: Consiste na troca de material genético (plasmídeo) através da formação de uma ponte citoplasmática entre elas.



→ **Transdução:** Quando os vírus são formados dentro das bactérias, eles podem apresentar segmentos de material genético dessa bactéria. Sendo assim, quando esses vírus parasitam outra bactéria eles introduzem nela o material genético daquela bactéria em que ele foi produzido.

→ **Transformação:** Bactérias podem absorver e incorporar pedaços de material genético de outra bactéria em seu genoma.

Algumas bactérias são importantes para o homem, como:

→ **Fermentativas** – Bactérias utilizadas na fermentação do leite e produção de queijo, iogurte, requeijão, na fabricação do vinagre etc.

→ **Decompositoras** – Promovem a reciclagem de matéria orgânica juntamente com os fungos.

→ **Medicamentos** - Manipuladas geneticamente para que produzam hormônios humanos como a insulina.

→ **Controle biológico** - Aplicadas na lavoura, servindo de controle de pragas.

→ **Vitaminas** – bactérias da nossa flora intestinal produzem algumas vitaminas como a B12 e a K.



Agrobacterium tumefaciens é uma bactéria causadora de tumores vegetais – atualmente esta bactéria é bastante utilizada para a transferência de genes para plantas (transgenia).

As cianobactérias são consideradas importantes organismos pioneiros, uma vez que suas características simples permitem a estes organismos a colonização de ambientes estéreis, criando condições para o estabelecimento de novas comunidades (sucessão ecológica).

As bacterioses acometem a humanidade há séculos sendo inúmeros os relatos históricos de doenças causadas por bactérias, Relatos bíblicos como o de Lázaro, o mendigo leproso (portador de hanseníase) e da imensa mortalidade determinada pela peste negra na idade média europeia são difundidas no mundo inteiro.

As principais bacterioses transmissíveis pelo ar (saliva) são a pneumonia, a tuberculose, a meningite meningocócica, a difteria, a coqueluche e a hanseníase.

Água e alimentos contaminados com fezes podem transmitir disenterias (salmoneloses), febre tifoide e cólera. A urina de rato presente nos alimentos ou em contato direto com feridas em uma enchente pode transmitir doença altamente letal – a leptospirose.

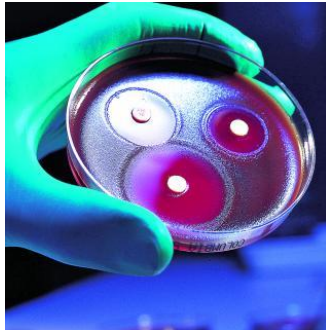
Cortes com objetos contaminados podem transmitir a bactéria *Clostridium tetanii*. O tétano é doença de sintomas bastante perigosos ao homem (ex.: contração muscular contínua), sendo extremamente importante a sua prevenção através da vacina antitetânica, bem como o seu combate com o soro antitetânico.

Algumas bacterioses também podem ser sexualmente transmissíveis, onde destacam-se a sífilis e a gonorreia.

Embora algumas bacterioses possam ser letais, atualmente existe cura para a maior parte delas, desde que seu diagnóstico seja feito de forma breve. O uso de antibióticos tem efeito somente

contra bactérias pois estes agem inibindo alguns processos metabólicos exclusivos destes organismos (transcrição do RNA bacteriano, síntese proteica e síntese de sua parede celular).

- **Os antibióticos**



Filtros embebidos com antibióticos diferentes determinam diferentes mortalidades bacterianas (halos claros ao redor) em um meio de cultura

A coalhada de soja embolorada parece ter sido o primeiro antibiótico natural, utilizado pelos chineses por volta de 500 a.C. para tratar furúnculos e outras infecções semelhantes.

Quase tão antigo, e presente em várias civilizações, é o uso de pão embolorado e teias de aranha em fermentos infectados. Embora os médicos tenham procurado nos 2 mil anos seguintes uma espécie de medicamento que combatesse a infecção por bactérias, nenhum pesquisador pensou em investigar cientificamente o folclore medicinal em relação aos bolores.

O primeiro antibiótico moderno, a penicilina, foi uma descoberta casual do bacteriologista escocês Alexander Fleming, em 1928. Enquanto estudava o *Staphylococcus aureus*, uma bactéria responsável pelos abscessos e várias outras infecções, Fleming entrou de férias por alguns dias, deixando os seus recipientes de vidro com cultura sem supervisão. Ao retornar, notou que a tampa de um dos recipientes tinha escorregado e que a cultura tinha sido contaminada com o mofo da atmosfera, nestes recipientes o bolor se desenvolvia e as bactérias acabavam morrendo. Ele imediatamente percebeu o significado dessa descoberta e verificou que o bolor, uma espécie do fungo *Penicillium*, estava a liberar uma substância que destruía as bactérias. Esta substância – a penicilina foi o primeiro antibiótico descoberto e causou um grande impacto no tratamento de doenças até então incuráveis como a hanseníase e a tuberculose.

4. REINO PROTOCTISTA

Enquanto os procariontes levaram cerca de 1 bilhão de anos para surgir no planeta, os primeiros eucariontes somente surgiram cerca de 2 bilhões de anos após o surgimento do primeiro procarionte. Durante cerca de 800 milhões de anos todos os eucariontes eram unicelulares.

Como os protoctistas descendem de diversos ancestrais, este reino polifilético não pode ser considerado como uma classificação natural. Muito possivelmente, uma nova classificação deverá dividir este reino em diversos outros.

Como características gerais deste “reino” temos:

→ primeiros eucariontes. Células bastante complexas com grande variedade de organelas.

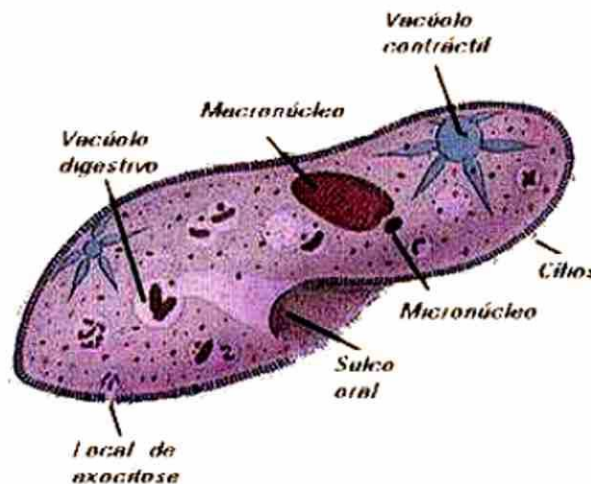
→ unicelulares (protozoários e algas) ou pluricelulares (algas talófitas)

- maioria aeróbica
- nutrição heterotrófica por ingestão (protozoários) ou autotrófica fotossintetizante (algas).

- **Protozoários:**

Seres unicelulares de comportamento diverso, podendo ser de vida livre, mutualístico, comensal e até mesmo parasita. Os que vivem em água doce, desenvolvem o vacúolo pulsátil, que tem por objetivo promover o equilíbrio osmótico e eliminar amônia como produto de excreção. Quando as condições do meio são desfavoráveis, os protozoários parasitas e de água doce eles diminuem seu volume por desidratação e produz uma membrana resistente, tomando a forma de cisto. Assim, ele sobrevive às condições desfavoráveis e, através do vento, sofre dispersão.

Reprodução: A maioria apresenta reprodução assexuada (cissiparidade), mais uns poucos se reproduzem sexualmente através de pontes citoplasmáticas (conjugação).



Estruturas típicas de um protozoário ciliado

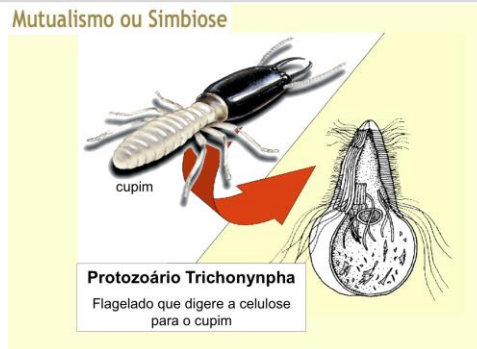
Classificação: Os protozoários podem ser classificados de acordo com a sua forma de locomoção em:

→ Sarcodíneos ou rizópodes: locomovem-se pela projeção de pseudópodes, expansões da membrana que também servem para captura de alimento.

Ex.: ameba

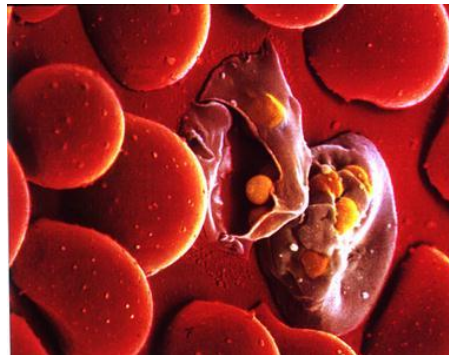
→ Ciliados: Locomove-se por cílios, que também servem para captura de alimento. Um exemplo clássico é o Paramecium, que apresenta um canal chamado citofaringe por onde o alimento chega até o vacúolo digestivo. Os resíduos são eliminados pelo citoprocto.

→ Flagelados ou mastigóforos: apresentam um ou mais flagelos, mas nunca tão numerosos quanto os cílios. Os flagelos, além da locomoção, servem como instrumento para a captura de alimento.



Protozoários flagelados vivem mutualisticamente no intestino de cupins

→ Esporozoários: Se caracteriza por não apresentar estrutura locomotora. Seu deslocamento ocorre, geralmente, através de hospedeiros ou vetores, o que justifica a maior parte ser parasita.



Plasmodium (agente causador da malária) destroem as hemácias do indivíduo infectado

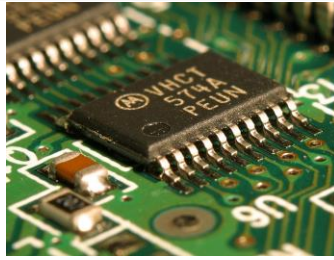
- **Algas unicelulares:**

Protistas autótrofos que se encontram nos mais variados ambientes, do aquático ao terrestre. As aquáticas constituem o fitoplâncton, responsáveis por mais de 90% da oxigenação do planeta e formam a base da cadeia alimentar aquática. Algumas espécies vivem em colônias com outras de mesma espécie e outras em mutualismo com outros organismos.

Apresentam plastos, onde se encontra a clorofila e podem apresentar reforço externo de membrana que, de acordo com a espécie, pode ser de celulose, sílica e pectina. As principais algas unicelulares são:

→ Euglenophyta (euglenas): São dotadas de flagelo e vacúolo pulsátil, pois são geralmente de água doce. Apresenta uma estrutura chamada estigma que é fotorreceptora. Apresentam clorofilas a e b, além de carotenoides e xantofila. Podem fazer fotossíntese e também se alimentar de outros organismos (nutrição mixotrófica).

→ Crisophytas (diatomáceas): Apresentam clorofilas a e c, além de caroteno e fucoxantina. Sua carapaça é silicosa e é denominada frústula. Os depósitos de frústula originam a terra de diatomáceas, explorados para a produção de chips de computador, polidor de metais, filtros etc.



Chips de computador são produzidos a partir do silício de diatomáceas

→ Pyrrophyta (dinoflagelados): Apresentam uma coloração avermelhada e seu aumento populacional produz a maré vermelha, desequilíbrio ambiental em que são liberadas substâncias neurotóxicas que se acumulam ao longo da cadeia alimentar podendo chegar até o homem através da ingestão de frutos do mar contaminados. Algumas apresentam bioluminescência. A denominação dinoflagelada está relacionada à presença de dois flagelos.



O fenômeno da maré vermelha compromete a qualidade do pescado podendo intoxicar animais e o homem

- **Algas pluricelulares:**

Antigamente, as algas pluricelulares eram classificadas no reino Plantae, atualmente, como sabe-se que estas não possuem tecidos diferenciados, sua classificação mais adequada é no reino Protocista. Seu corpo pouco diferenciado denomina-se talo, ou seja, não apresenta raízes, caules nem folhas. A condução de substâncias é realizada diretamente do meio através dos espaços intercelulares ou de célula para célula. A sustentação é realizada utilizando-se a força das paredes celulares normais e a flutuação na água. A fotossíntese e a absorção de água, nutrientes e gases são realizadas, em geral, por todo o talo. São classificadas em:

→ Rodophytas (algas vermelhas): São pluricelulares predominantemente marinhas. Apresentam como pigmentos as clorofilas a e b, além da ficoeritrina. Sua parede celular possui uma substância – o agar, muito utilizado na indústria de balas e biotecnológica.



Porphyra é uma alga vermelha bastante utilizada na culinária japonesa

→ Phaeophyta (algas pardas): São também pluricelulares predominantemente marinhas. Apresentam grande parênquima aerífero que facilita a flutuabilidade. Quanto aos pigmentos apresentam as clorofilas a e b, carotenoides e xantofila, mas o pigmento fucoxantina é que dá a coloração parda característica dessa alga. A algina de sua parede celular é bastante usada na alimentação (ex.: espessante de sorvete).

→ Chlorophyta (algas verdes): São, na grande maioria, pluricelulares, mas existem algumas unicelulares. O pigmento predominante é a clorofila (a e b), mas também apresentam xantofila e caroteno. Vivem nos mais diversos habitats, desde marinho até terrestre, havendo também representantes dulcícolas.

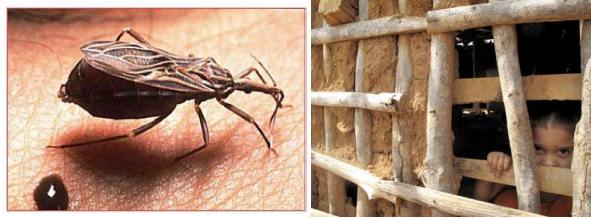


O excesso de algas verdes pode ser bioindicador de poluição orgânica

As protozooses são menos comuns do que as viroses e as bacterioses, mas algumas delas podem ser igualmente letais.

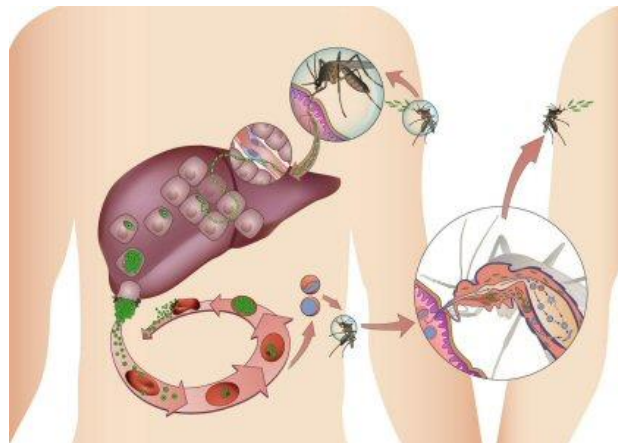
Amebíase e giardíase são doenças comuns, principalmente em crianças, sua transmissão ocorre através do alimento e água contaminada com cistos oriundos de fezes humanas. No caso da toxoplasmose, fezes de gatos e pombos podem transmitir este protozoário que pode causar graves problemas de visão e enxaquecas. O saneamento básico, a higiene pessoal, e o tratamento da água e higiene com os alimentos são medidas profiláticas importantes para quaisquer doenças que tenham estas formas de transmissão.

A doença de chagas é uma protozoose causada pelo *Trypanosoma cruzi*. O nome do parasita foi dado por seu descobridor, o cientista Carlos Chagas, em homenagem ao também cientista Oswaldo Cruz. A transmissão desta doença ocorre principalmente pelas fezes do barbeiro (triatomídeo), esse inseto de hábitos noturnos vive nas frestas das casas de pau-a-pique, ninhos de pássaros, tocas de animais, casca de troncos de árvores e embaixo de pedras. Quando o barbeiro suga nosso sangue, ele defeca no local e, após coçarmos, o tripanossoma penetra no local da picada. Inicialmente os sintomas são o edema no local da picada (sinal de Romanã), sendo que após anos a doença pode se alastrar pelo corpo e atingir outros órgãos como o coração.



O barbeiro (agente transmissor) vive principalmente em casas de pau-a-pique em áreas rurais

A malária é uma protozoose prevalente nos países de clima tropical e subtropical. Transmitida pelo mosquito-prego (*Anopheles*), a malária ainda é uma das doenças que mais mata no mundo. A contaminação ocorre através da picada da fêmea do mosquito *Anopheles* que, se contaminada, apresenta a forma infectante nas suas glândulas salivares. Esta forma infectante chega ao fígado onde permanece por cerca de 10 dias na fase de incubação. Após esse período, volta para o sangue penetrando nas hemácias onde sofrerá reprodução assexuada, produzindo novos parasitas que, com a ruptura das hemácias, irão infectar novas hemácias. Junto com esses processos ocorre a liberação de toxinas que justifica os calafrios, dores e picos febris (febre terçã ou quartã) característicos da doença.



Desenho esquemático do ciclo da malária

Taxonomia – Parte 2

1. REINO FUNGI

Fungos são organismos unicelulares (leveduras) ou pluricelulares (bolors e cogumelos), heterotróficos por absorção com digestão extracorpórea, isto é, liberam enzimas no substrato e depois promovem a absorção dos nutrientes podendo ser decompositores, parasitas e mutualísticos. Os pluricelulares são formados por células em forma de filamentos denominados hifas que se entrelaçam formando o micélio ou corpo vegetativo.

Fungos possuem o glicogênio como substância de reserva e apresentam parede celular rica em quitina. Sua respiração normalmente é aeróbica, muitos são anaeróbicos facultativos podendo realizar a fermentação alcoólica.



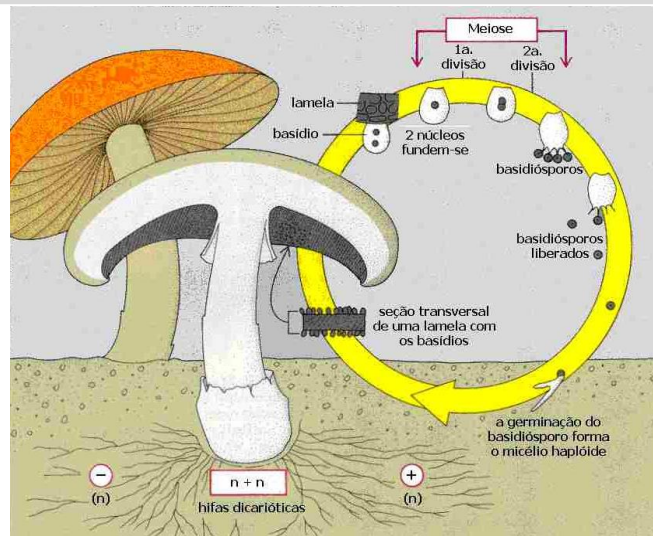
Alguns tipos de hifas presentes em fungos

Os fungos possuem os seguintes grupos principais:

→ Ficomycetos ou Zigomicetos: São microscópicos representados pelo bolor negro do pão. Apresentam reprodução sexuada formando esporângios que liberam esporos flagelados (zigósporos), que ao cair no solo originam novos micélios por germinação.

→ Ascomicetos: Apresentam esporos chamados ascóporos que se originam em hifas denominadas ascos, cada qual originando oito ascóporos. Apesar de algumas espécies reproduzirem sexuadamente, a maioria tem reprodução assexuada por brotamento e por esporos. Os mais famosos são: *Sacharomyces cerevisiae*, importante na produção de bebidas fermentadas (vinho e cerveja), pães e bolos e o *Penicillium notatum*, de onde se extrai o antibiótico penicilina.

→ Basidiomicetos: São os mais conhecidos como o orelha-de-pau e o cogumelo de chapéu. Algumas espécies são comestíveis como o *Agaricus campestris* (champignon), outras tóxicas como o *Amanita muscaria* e outras alucinógenas como o *Psilocybe*. O micélio é subterrâneo e no corpo de frutificação aéreo em forma de chapéu (basidiocarpo) encontram-se hifas férteis, os basídios que por meiose produzem quatro basidiósporos que germinam ao cair no solo.



Reprodução dos basidiomicetos

→ Deuteromicetos: A reprodução sexuada é ausente, daí serem chamados de fungos imperfeitos. A maioria é parasita como o *Candida albicans* (micose dos pés).

Os fungos notadamente possuem uma grande importância aos ecossistemas e no nosso cotidiano. Algumas das aplicações dos fungos são:

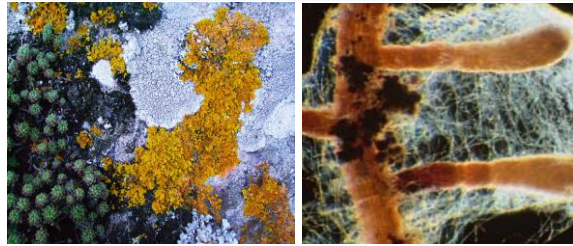
- Alimentação (ex.: champignon, pães)
- Medicamentos (ex.: penicilina)
- Drogas (ex.: LSD)
- Importantes decompositores (juntamente com as bactérias)
- Toxinas (ex.: micotoxinas do amendoim)
- Micoses (frieiras, sapinho, candidíase)



Fungos estão presentes em diferentes tipos de alimentos

Alguns fungos podem se associar mutualisticamente com outros organismos, sendo as principais associações os:

→ Líquens: associações entre ascomicetos e algas (normalmente cianobactérias) em que as hifas do fungo fornecem água para as algas, recebendo em troca matéria orgânica produzida através da fotossíntese. Líquens vivem sobre muros e troncos de árvores, sendo que muitos deles não toleram elevados índices de poluição atmosférica, desta forma a diversidade de líquens de uma dada região pode servir como bioindicadora de poluição.



Líquens e micorrizas são associações mutualísticas de fungos com outros organismos

→ Micorrizas: associações mutualísticas entre hifas de fungos ascomicetos e raízes de plantas (ex.: orquídeas). De forma semelhante aos líquens, as raízes fornecem ao fungo matéria orgânica e recebem em troca água e sais minerais.

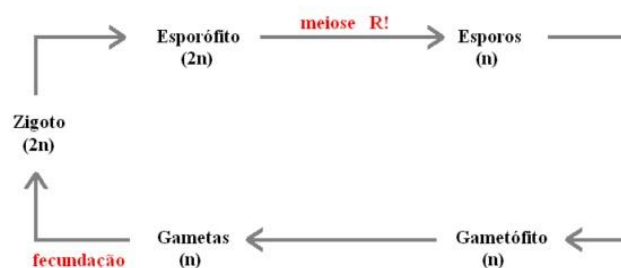
2. REINO PLANTAE

As plantas (Metaphyta) são organismos pluricelulares, autótrofos fotossintetizantes, eucariotos, com parede celular rica em celulose e que armazenam amido como reserva. Podem ser classificadas em dois grandes grupos:

→ Criptógamas ou arquegoniadas: plantas sem flores e sementes, seus órgãos reprodutivos não são aparentes. Pertencem a este grupo as Briófitas (ex.: musgos) e Pteridófitas (ex.: samambaia).

→ Fanerógamas ou espermatófitas: plantas com sementes e órgãos reprodutivos aparentes. São classificadas em duas divisões – as Gimnospermas (ex.: pinheiro) e as Angiospermas (ex.: roseira).

Uma característica importante presente em todas as plantas é a reprodução por metagênese. Neste tipo de reprodução ocorre uma alternância (gametófito) e diploide (esporófito). Neste ciclo reprodutivo haplodiplobionte os esporos são produzidos por meiose e os gametas são produzidos por mitose, o que é bastante diferente dos animais que produzem gametas por meiose em seu ciclo reprodutivo diplobionte.

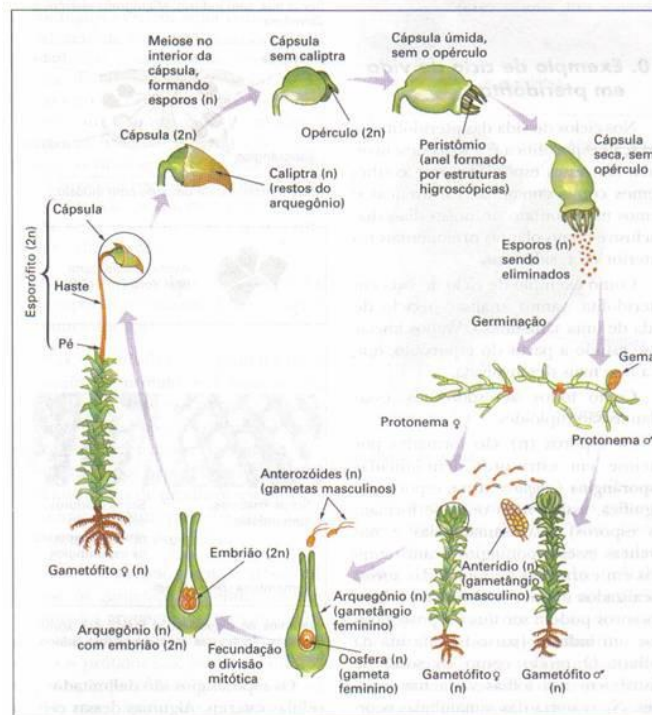


Ciclo reprodutivo haplobionte típico das plantas

São descritos a seguir os principais grupos vegetais:

- **Briófitas:**

Representadas pelos musgos, hepáticas e antóceros, por não apresentarem vasos condutores de seiva (criptógamas avasculares) possuem pequeno porte, grande dependência da água para a sobrevivência e órgãos falsos - filóides, caulóides e rizóides que se assemelham a folhas, caules e raízes verdadeiras. Quanto à reprodução, apresentam a metagênese ou alternância de gerações em que a fase de gametófito (N) predomina sobre o esporófito (2n). A grande dependência da água persiste também em sua reprodução, uma vez que seus gametas masculinos flagelados dependem da água do meio para nadarem até os gametas femininos.



Ciclo reprodutivo das briófitas

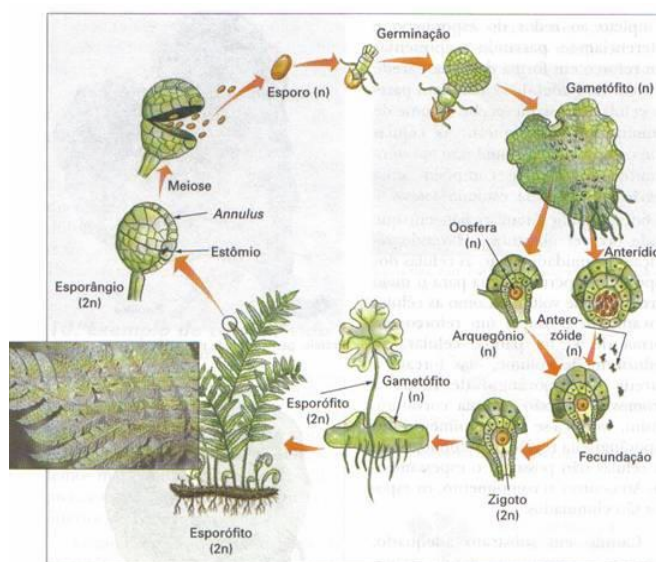
- **Pteridófitas:**

Representadas pelas samambaias, avencas, chifres-de-veado e fetos arborescentes, são as primeiras plantas vascularizadas (criptógamas vasculares). Como a partir das pteridófitas (também as gimnospermas e as angiospermas) todas as plantas possuem vasos condutores de seiva, estes grupos juntos são classificados como traqueófitas. Devido a presença de vasos condutores, as samambaias podem apresentar grande porte, possuem menor dependência da água em comparação com as briófitas e já possuem órgãos verdadeiros – raiz, caule e folha.



Criprógamas – Briófitas e pteridófitas

Quanto a reprodução, pela primeira vez o esporófito ($2n$) torna-se a fase dominante. Seu gametófito hermafrodita tem poucos centímetros e denomina-se protalo. Embora as pteridófitas conquistem a terra em comparação com as briófitas, sua reprodução continua dependente da água uma vez que seus anterozoides (gametas masculinos) também são flagelados.



Ciclo reprodutivo das pteridófitas

• Gimnospermas:

Representadas pelos pinheiros, ginkos, casuarinas, araucárias e sequoias, as gimnospermas são as primeiras fanerógamas (órgãos reprodutivos aparentes) e espermatófitas (plantas com sementes). Etimologicamente, seu grupo significa - Gimnos (nu) + sperma (semente) – ou seja as gimnospermas são plantas com raízes, caule, folha, flor primitiva e semente mas não possuem frutos. Algumas gimnospermas como o pinheiro apresentam adaptações à perenefolia (plantas que não perdem as folhas), apresentando estruturas como folhas aciculadas, cutícula espessa e raízes profundas que são adaptações que evitam sua perda d'água excessiva.

Suas flores primitivas apresentam-se sob a forma de inflorescências denominados cones ou estróbilos. Podem ser monoicas ou dioicas e a dispersão do pólen ocorre, na maior parte dos casos, por anemofilia, isto é, pelo vento. Quando o microsporângio se abre, libera os grãos de pólen, que apresentam bolsas de ar para facilitar a dispersão pelo vento, até atingirem os cones femininos, onde penetram na micrópila. Ocorre a formação do tubo polínico que permite a chegada do núcleo espermático (gameta masculino) até a oosfera (gameta feminino) para a ocorrência da fecundação e formação de um embrião diploide.

Nas gimnospermas a reprodução não é mais dependente da água. A presença do grão de pólen e do tubo polínico permite que o gameta masculino seja levado ao encontro do gameta feminino. Seu esporófito ($2n$) é a fase dominante, sendo o gametófito extremamente pequeno: o tubo polínico é o gametófito masculino e o saco embrionário é o gametófito feminino.

Algumas estruturas de seu ciclo reprodutivo possuem nomes importantes: a semente é chamada de pinhão e o conjunto de pinhões denomina-se pinha.



Ciclo reprodutivo das Gimnospermas


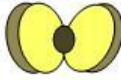










- **Angiospermas:**

A origem das angiospermas foi chamada por Darwin de o Abominável Mistério. Isso porque elas aparecem no registro fóssil já diversificadas, sem uma transição aparente. Elas surgiram no Cretáceo Inferior (ca. 140 Ma) e no Terciário (ca. 90 Ma) já dominavam o ambiente terrestre. Atualmente, contam com cerca de 250.000 espécies, incluindo uma enorme diversidade de formas.

As principais novidades evolutivas encontradas em angiospermas estão relacionadas ao desenvolvimento e reprodução mais rápidos. O sistema vascular especializado permitiu a condução mais eficiente de água e a redução dos gametófitos femininos tornou o ciclo de vida mais curto. Essas vantagens devem ter permitido às primeiras angiospermas ocuparem regiões perturbadas e de clima sazonal. Elas provavelmente surgiram na região tropical, e se espalharam rapidamente, aproveitando pontes intercontinentais que ainda existiam na região equatorial durante o início da desintegração da Pangea no Cretáceo.

Mas o que levaria um grupo a se diversificar mais que outro? Quais as novidades evolutivas ou fatores externos promoveriam mudanças na taxa evolutiva? Uma hipótese interessante é a de que a coevolução com insetos (ex.: herbívoros e polinizadores) tenha permitido uma grande irradiação adaptativa de ambos os grupos.

As Angiospermas são plantas completas, pois apresentam folhas, caule, raízes, sementes e frutos que envolvem as sementes para a proteção. Sua classificação tradicional divide as angiospermas em dois grandes grupos: as monocotiledôneas (ex.: milho, bromélia, orquídea, capim, bambu, arroz, palmeira, alho e cebola) e as dicotiledôneas (ex.: feijão, soja, morango, maçã, alface, vitória-régia, amendoeira e roseira). Veja no quadro abaixo as principais diferenças entre estes grupos:

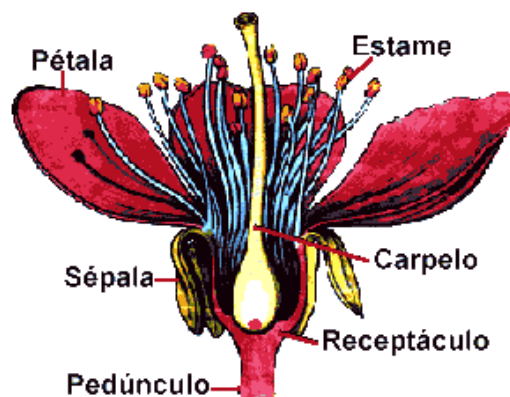
Monocotiledôneas	Dicotiledôneas
Semente com 1 cotilédono 	Semente com 2 cotilédones 
Folhas com nervuras paralelas (paralelinérveas) 	Folhas com nervuras ramificadas (reticulínérveas) 
Feixes liberolenhosos do caule difuso 	Feixes liberolenhosos do caule ordenado 
Flores trímeras 	Flores pentâmeras ou tetrâmeras 
Frutos com três carpelos 	Fruto com cinco carpelos 
Raízes fasciculadas ou cabeleiras (ausência de câmbio) 	Raízes axiais ou pivotantes (presença de câmbio) 

Classificação das Angiospermas

As flores das angiospermas são extremamente complexas, apresentando diversos verticilos florais como adaptações não somente a produção de gametas mas também de atração de animais polinizadores (ex.: insetos, aves e morcegos), uma vez que a maioria das angiospermas possui zoofilia.

Nos estames (androceu) ocorre a produção do grão de pólen que é levado por animais (na maioria das vezes) até o estigma – região superior do gineceu (porção feminina).

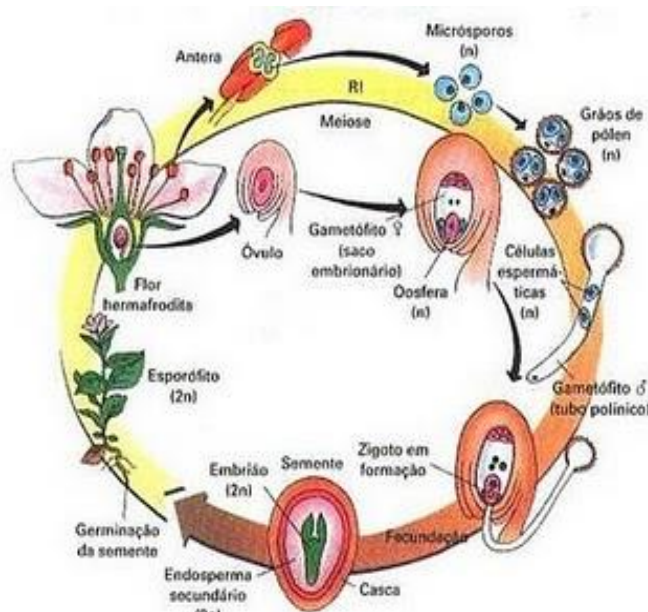
Após o crescimento do tubo polínico ocorrerá uma dupla fecundação (característica exclusiva das angiospermas). Um gameta masculino fecundará a oosfera (gameta feminino) gerando o zigoto (2n), enquanto outro gameta masculino fecundará a célula central (2n) originando o endosperma secundário – estrutura triploide (3n) que juntamente com os cotilédones nutrirá o embrião.



Estruturas de uma flor completa

Assim como nas gimnospermas a reprodução mostra-se independente da água (grão de pólen / tubo polínico) e o esporófito é a fase dominante, sendo o gametófito masculino o tubo polínico e o

gametófito feminino o saco embrionário. Nas angiospermas, após a fecundação o óvulo se desenvolve originando a semente e os frutos se desenvolvem a partir do ovário.



Ciclo reprodutivo das angiospermas

Obs.: Pseudofrutos – Ocorrem quando a parte carnosa e protetora da semente é formada por outra estrutura diferente do ovário (ex.: receptáculo). São pseudofrutos o morango, caju e a maçã.



Parece mentira, mas o chuchu é um fruto e o morango não!

3. HISTOFISIOLOGIA VEGETAL

Analisaremos a seguir algumas características anatômicas e funcionais das plantas que permitem a estas realizar suas grandes funções vitais bem como responder às variações ecológicas de seu meio ambiente.

Os tecidos vegetais são classificados como embrionários (meristemas) e permanentes, sendo descritos a seguir:

- **Tecidos meristemáticos**

As células meristemáticas não são especializadas, mas contêm elementos para a edificação das células diferenciadas. São as células-tronco vegetais, apresentando alta taxa de divisão celular e a capacidade de promover o crescimento vegetal bem como a regeneração de partes lesionadas. Classificados em:

→ Meristemas primários: Determinam o crescimento vertical (tamanho). Localizam-se no ápice (ponta) do caule e raiz (gemas apicais) e ao longo do caule e da raiz (gemas axilares) promovendo as suas ramificações).

→ Meristemas secundários: ocorre em plantas com crescimento em espessura. Esse crescimento ocorre por adição de tecidos vasculares ao corpo primário da planta. O câmbio e o felogênio são conhecidos como meristemas laterais, devido à posição que ocupam (paralela aos lados do caule e raiz). O câmbio vascular instala-se entre os tecidos vasculares primários, produzindo os tecidos vasculares secundários. O felogênio origina a periderme, um tecido secundário que substitui a epiderme no caule e na raiz. Na região externa da periderme forma-se o súber (cortiça) – tecido morto que protege o vegetal.



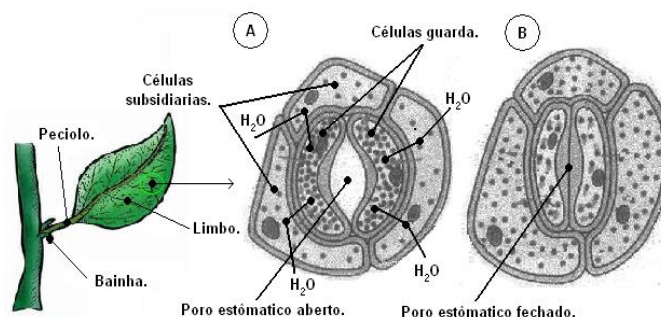
A cortiça é produzida pelo súber de uma árvore denominada sobreiro

• Tecidos de revestimento

Originando-se da camada mais externas dos meristemas apicais (protoderme), a epiderme reveste as partes moles do vegetal (folhas, flores e frutos) e a periderme reveste as partes rijas (caule e raiz).

A epiderme é composta por células geralmente de formato tabular; intimamente unidas; vivas, altamente vacuoladas. Nas partes aéreas, apresenta cutina, cerídeo importante para a impermeabilização. Na epiderme estão presentes os estômatos – estruturas delimitadas por duas células, denominadas células-guarda que controlam a abertura e fechamento do ostíolo.

O controle estomatal é extremamente importante para as plantas. Estômatos abertos permitem as trocas gasosas – a aquisição do CO_2 que será utilizado na fotossíntese; porém estômatos abertos também determinam a perda d'água, logo plantas em ambientes xéricos (secos) muitas vezes fecham seus estômatos nas horas mais quentes do dia – o que evita a perda de água mas também diminui sua taxa de fotossíntese.



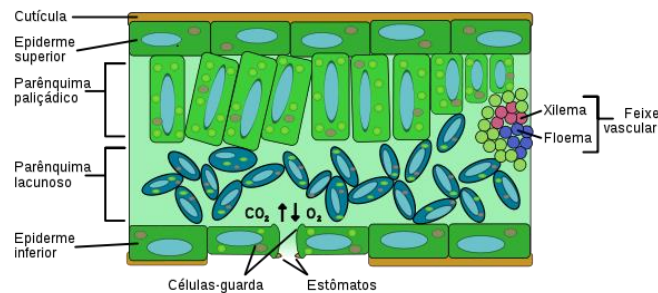
O controle estomatal regula as trocas gasosas e a perda de água pela folha

Na periderme as estruturas de trocas gasosas são denominadas lenticelas.

• Tecidos parenquimáticos

Esse tecido forma-se a partir da diferenciação de células do meristema fundamental (ápice de caule e raiz). Equivale ao tecido conjuntivo dos animais uma vez que preenche grande parte dos órgãos vegetais. Classificado em:

→ Parênquima clorofiliano ou clorênquima: Sua função é converter energia luminosa em energia química (fotossíntese). Possui células cilíndricas, para favorecer a superfície de contato; o vacúolo é grande e empurra os numerosos cloroplastos que formam uma camada uniforme junto à parede, facilitando a absorção de gás carbônico.



No mesófilo encontram-se o parênquima paliçádico (fotossíntese) e lacunoso (transporte de gases)

→ Parênquima de reserva ou armazenador: Os plastos das células acumulam amido (amiloplastos), proteínas (proteínoplastos) ou lipídios (elaioplastos).



Batata reserva amido e o cactus armazena água em seu parênquima

• Tecidos de sustentação

A sustentação das plantas é garantida pela ação de dois tecidos: o colênquima, tecido formado por células vivas com formato variável, promove a sustentação com flexibilidade; e o esclerênquima, tecido morto devido a grande impregnação de lignina em sua parede celular, oferece sustentação e proteção ao vegetal.

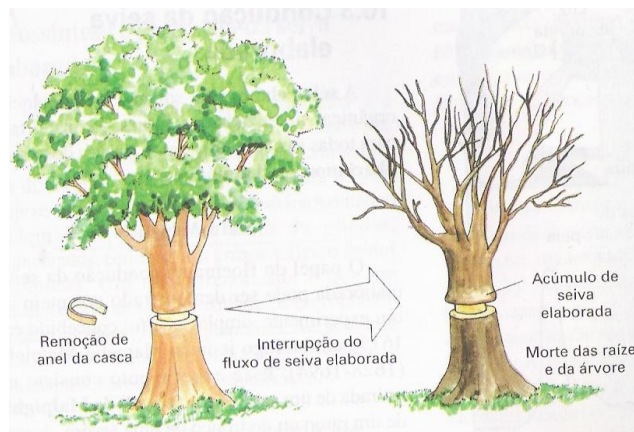
As fibras são as principais células do esclerênquima. Em *Linum*, por exemplo, as fibras se originam no floema e são a fonte do linho. As fibras do cânhamo (*Cannabis sativa*) são também usadas na fabricação de diversos tecidos. A presença de fibras em nossa alimentação regula a atividade intestinal, uma vez que estas não são digeridas e auxiliam na formação das fezes em nosso intestino grosso.



Frutas, hortaliças e cereais são alimentos ricos em fibras

• Tecidos de condução

A conquista dos ambientes terrestres por parte dos vegetais tornou-se possível a partir do desenvolvimento de um sistema eficiente de distribuição de água e nutrientes (feita por dois tipos de tecido: o xilema e o floema) e de absorção de água do solo.



O experimento do anel de Malpighi demonstrou que o floema é mais externo e o xilema é mais interno

→ Floema ou líber: transporta nutrientes orgânicos (principalmente açúcares produzidos pela fotossíntese que formam a seiva elaborada) das folhas ao caule e à raiz. Formado por células vivas, geralmente localiza-se numa posição externa ao eixo caulinar e na superfície inferior das folhas e órgãos de natureza foliar.

Os açúcares produzidos pela fotossíntese são transportados ao floema, que ao receber a água por osmose, empurra a seiva elaborada as demais partes do vegetal (Hipótese de Munch ou fluxo por pressão).

→ Xilema ou lenho: Células quase sempre lignificadas (mortas). Seu papel é absorver a água e os sais minerais pela raiz, promovendo o transporte ascendente destas substâncias (seiva bruta) ao caule e folhas. Localiza-se mais internamente do que o floema.

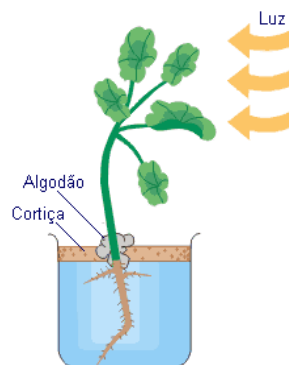
Os estômatos das folhas ao perderem água realizam tensão sobre a coluna de seiva bruta que sobe coesa graças às ligações de hidrogênio (água) e aderida as paredes do xilema (capilaridade) (Teoria de Dixon ou da tensão-coesão-adesão).



- **Fitormônios**

Plantas são fixas diferentemente da maioria dos animais. Desta forma, na ausência do sistema nervoso, o controle das suas diversas funções como o crescimento, floração, germinação etc., ocorre através de hormônios vegetais – os fitormônios. São eles:

→ Auxinas: Produzidas nos tecidos embrionários (ex.: gemas, sementes), são responsáveis pelos tropismos (foto e geotropismo), desenvolvimento dos frutos, alongamento celular radicular e caulinar. As auxinas da gema apical inibem o crescimento das gemas axilares promovendo a dominância apical.



As auxinas determinam o fototropismo positivo do caule e o fototropismo negativo da raiz

→ Etileno: o aumento de sua concentração promove o amadurecimento dos frutos e a indução da abscisão foliar. Esse gás é produzido em diversos locais da planta, difundindo-se entre as células.



Amadurecimento de frutos e queda de folhas são promovidos pelo etileno

→ Citocininas: Hormônios que retardam o envelhecimento das plantas, estimulando as divisões celulares e desenvolvimento das gemas laterais.

→ Giberelinas: Atuam na floração, promove a germinação e o desenvolvimento dos frutos. A aplicação de auxinas e giberelinas em flores pode promover o desenvolvimento de frutos sem semente (partenocárpico).



Uvas Thompson (sem sementes) – exemplo de fruto partenocárpico

→ Ácido abscísico: Provoca o fechamento dos estômatos, envelhecimento de folhas, dormência de sementes e gemas, inibe o crescimento das plantas.

Reino Animal

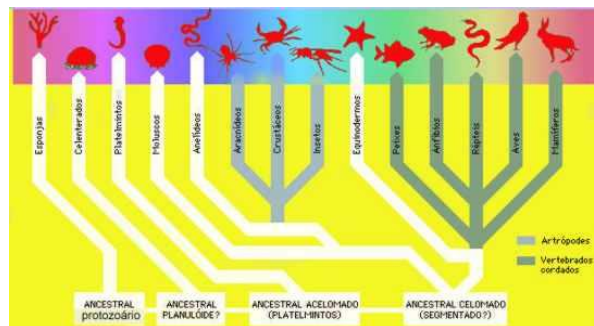
1. INTRODUÇÃO

Atualmente são conhecidas cerca de 1 milhão de espécies pertencentes ao Reino Animal, enquanto outras estão sendo constantemente identificadas. Esses organismos, chamados genericamente de animais, possuem características comuns:

- São pluricelulares, eucariontes e heterotróficos por ingestão. Suas células não possuem parede celular.
- A maioria dos animais é capaz de se locomover. As espécies que não se locomovem são aquáticas e recebem os alimentos trazidos pela água.
- A maioria dos animais possui sistema nervoso e é capaz de reagir rapidamente a estímulos.
- No seu desenvolvimento embrionário todos formam blástula – um embrião “oco” formado por dezenas a centenas de células não diferenciadas.

Embora a classificação tradicional separe os animais em Invertebrados (ausência de coluna vertebral) e Vertebrados (presença de coluna vertebral), essa classificação não tem valor taxonômico. Invertebrados apresentam cerca de 99% das espécies animais, logo essa separação só foi realizada desta forma no passado pois foi organizada por um vertebrado que queria ser mais especial do que os insetos, moluscos e outros invertebrados.

Atualmente são conhecidos cerca de 35 filões de animais, mas aqui apresentaremos a seguir somente 9 filões, que correspondem aos filões mais conhecidos.



Árvore filogenética simplificada com os principais grupos de animais.

2. PORÍFEROS

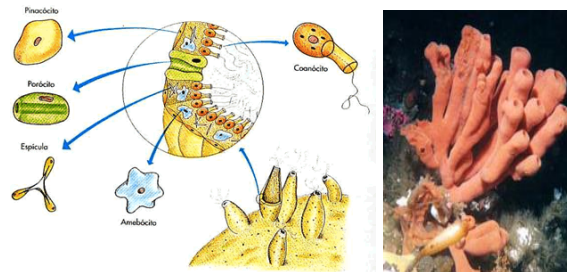
Porifera (do latim porus, poro + hfera, portador de) é um filo que engloba as esponjas - organismos primitivos, sésseis (fixos no substrato), sua grande maioria é marinha, alimentam-se por filtração, bombeando a água através das paredes do corpo e retendo as partículas de alimento nas suas células.

As esponjas estão entre os animais mais simples, com tecidos parcialmente diferenciados, graças a essa simplicidade (ausência de sistema nervoso, músculos e órgãos internos) e ausência de gastrulação, elas são agrupadas no sub-reino Parazoa. Para alguns autores, os poríferos mais se assemelham a uma colônia de coanoflagelados (Protoctista), do que de animais propriamente ditos. Existem mais de 15.000 espécies modernas de esponjas conhecidas, que podem ser

encontradas desde a superfície da água até mais de 8.000 metros de profundidade, e muitas outras são descobertas a cada dia. O registro fóssil data as esponjas desde a era pré-cambriana (ou Pré-Câmbrico), ou Neoproterozóico.

As esponjas são predominantemente marinhas sendo encontradas no mundo inteiro, desde as águas polares até as regiões tropicais. A estrutura de uma esponja é simples: tem a forma de um tubo ou saco, muitas vezes ramificado, com a extremidade fechada presa ao substrato. A extremidade aberta é chamada ósculo, e a cavidade interior é o átrio ou espongocele. As paredes são perfuradas por buracos microscópicos, chamados óstios, para permitir que a água flua para dentro da espongocele. O fluxo de água pelas esponjas deve ser contínuo, pois é da água que elas retiram o alimento (possuem digestão intracelular), trocas gasosas e excreção também ocorrem continuamente por difusão. A circulação, também ausente, é realizada através de difusão célula-a-célula.

Suas principais células são os coanócitos - também chamadas "células de colarinho" porque têm um flagelo rodeado por uma coroa de cílios, revestem o espongocele e criam uma corrente que renova a água que as cobre.

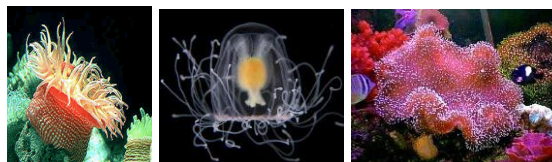


Representação de uma colônia de esponjas e algumas de suas células diferenciadas.

As esponjas podem reproduzir-se sexuada ou assexuadamente. Quanto a reprodução sexuada a maior parte das esponjas é monoica (hermafrodita), porém observa-se espécies dioicas. Seus gametas serão produzidos por uma diferenciação dos amebócitos e serão lançados no ambiente aquático, onde a fecundação pode ocorrer de forma externa ou interna. Possuem larva ciliada que permite a dispersão e colonização de novos ambientes. Em relação a reprodução assexuada, a alta capacidade de regeneração de uma esponja permite a reprodução por brotamento e por fragmentação.

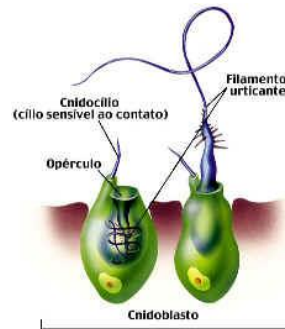
3. CNIDÁRIOS

Cnidários ou celenterados são animais aquáticos radialmente simétricos com uma extremidade do corpo exibindo uma boca circundada por tentáculos. São os primeiros animais a apresentarem gastrulação, e conseqüentemente tubo digestivo.



Anêmona, medusa e coral – importantes exemplos do filo Cnidaria

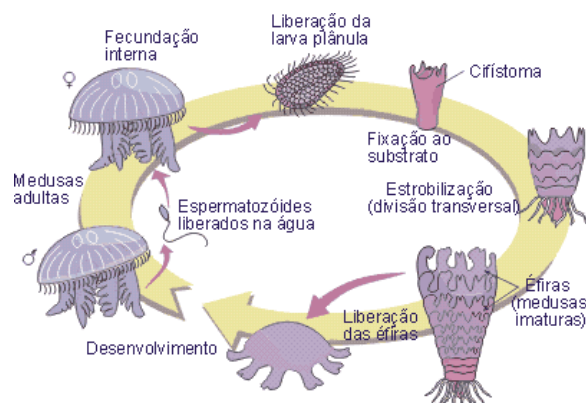
A principal característica deste filo é a presença de cnidoblastos ou cnidócitos - células urticantes que desenrolam um filamento urticante, o nematocisto, liberando as substâncias tóxicas características de cada espécie mediante estimulação tátil. Embora os cnidócitos sejam estruturas de defesa contra predadores e ataque contra presas, algumas espécies de molusco são capazes de ingeri-los e passam a utilizar os cnidócitos para a sua própria defesa.



Em relação ao desenvolvimento embrionário são diblásticos (possuem ectoderma e endoderma). A boca é a única abertura para a cavidade intestinal (tubo digestivo incompleto). Podem ser considerados protostômios. A digestão é inicialmente extracelular e depois intracelular. Não possuem estruturas diferenciadas para a circulação, excreção e trocas gasosas. Esses processos ocorrem por difusão célula-a-célula. Surge o sistema nervoso, mas os neurônios são usualmente arranjados em uma rede nervosa, sem centros coordenadores – sistema nervoso difuso.

Seu ciclo reprodutivo é diplobionte, mas normalmente apresenta uma alternância de gerações (metagênese). A forma medusoide, a qual representa uma adaptação à livre movimentação na coluna d'água, reproduz sexuadamente e a forma polipoide, que representa adaptação à vida sésil, reproduz assexuadamente.

Muitos cnidários são coloniais, onde se destacam os corais. – vivem em águas quentes e claras, apresentam associação mutualística com algas (zooxantelas) e representam um dos ambientes de maior produtividade primária do mundo.



Exemplo de metagênese em cnidários

4. PLATELMINTOS

O filo Platyhelminthes (do grego platys – achatado, e helminthes – verme) reúne cerca de 20.000 espécies animais acelomados de corpo achatado. Podem apresentar vida livre ou parasita, sendo exemplos importantes de representantes deste filo as planárias, esquistossomos e as solitárias.

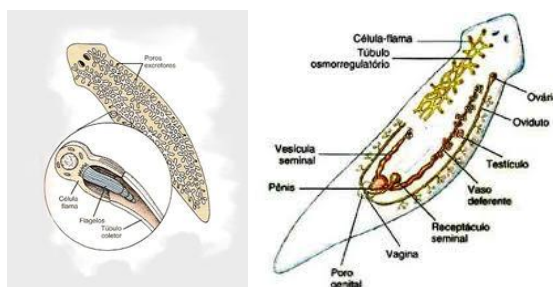
São mais complexos do que as esponjas e cnidários por serem triblásticos (ectoderma, mesoderma e endoderma), apresentarem simetria bilateral, e o princípio de cefalização. Embora surja o mesoderma no desenvolvimento embrionário, este mesoderma é maciço, não apresentando cavidade interna (acelomados).

Assim como os Cnidários, normalmente possuem tubo digestivo incompleto com digestão intracelular e extracelular, mas algumas espécies parasitas podem não apresentar tubo digestivo. Podem ser considerados protostômios. O sistema excretor é constituído de células-flama ou solenócitos, que eliminam o excesso de água e os resíduos metabólicos para o exterior através de um sistema de canais. O sistema nervoso é simples, mas diferentemente dos cnidários, já existem centros coordenadores - os gânglios cerebrais, que comandam cordões nervosos que correm ao longo das partes laterais do corpo do animal. A respiração ocorre através da pele, sendo chamada de cutânea direta, a circulação é ausente, feita por mecanismos de difusão simples.

Quanto a reprodução, a maioria é hermafrodita, podendo ou não fazer autofecundação. Os esquistossomos possuem sexos separados.

Podem ser classificados em três classes: Turbellaria, Trematoda e Cestoda.

- **Turbellaria:** platelmintos de vida livre, são provavelmente os mais primitivos dentre todos os animais bilaterais. A grande maioria dos turbelários é marinha, mas existem espécies de água doce e algumas formas terrestres em ambientes úmidos. Os turbelários são animais bentônicos, vivendo sobre ou embaixo de pedras, algas e outros objetos. O principal exemplo desta classe é a planária.

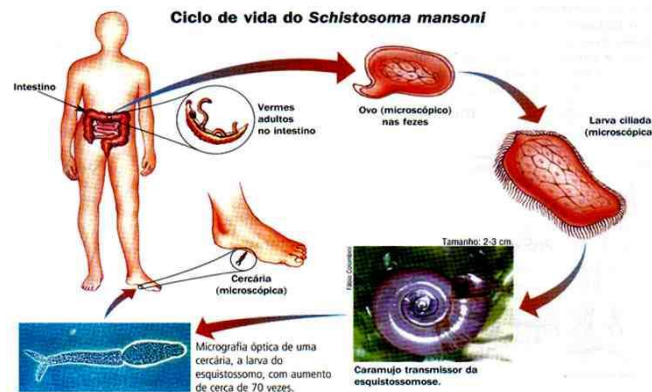


Estruturas internas de uma planária

- **Trematoda:** os trematódeos adultos são parasitas externos ou internos de vertebrados, têm a forma de folha de árvore e possuem ventosas ou outros órgãos de fixação, são pouco modificados se comparados às tênias. O intestino está presente e, em algumas espécies, a boca anterior está associada a uma segunda ventosa. Os trematódeos podem ser hermafroditas ou possuírem sexos separados, e os seus sistemas reprodutores estão adaptados à copulação, à fertilização interna, e à formação de cascas do ovo.

A principal doença causada por trematódeos no Brasil é a esquistossomose. Ovos do *Schistosoma mansoni* (agente etiológico) são eliminados nas fezes do indivíduo contaminado. Em corpos d'água (ex.: lagos), os ovos dão origem aos miracídios – larvas que infectam o hospedeiro intermediário do *Schistosoma*, o caramujo planorbídeo

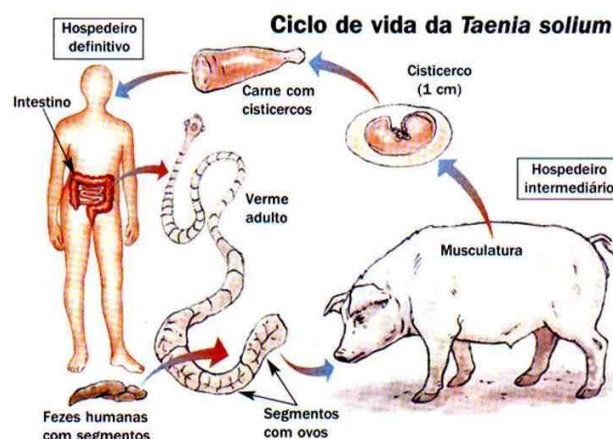
Biomphalaria glabrata. Do caramujo emergem larvas infectantes (cercárias) que penetram na pele humana e terminam o seu desenvolvimento nas veias do intestino e do fígado. Como o esquistossoma é dioico a infecção somente ocorrerá se o indivíduo for contaminado por pelo menos duas cercarias (uma masculina e outra feminina).



- **Cestoda:** Cestoides, ou têniás, são parasitas intestinais de vertebrados. São estruturalmente bastante adaptados a vida parasitária, seu corpo é longo em forma de fita composto de um escólex provido de órgãos de fixação (com ventosas e/ou ganchos na cabeça para permitir a fixação no intestino do hospedeiro), de um colo e de um estróbilo, o qual consiste de uma cadeia de segmentos (proglótides) que brotam da região do colo. Cada proglótide madura possui órgãos reprodutores de ambos os sexos. A reprodução pode ocorrer por autofecundação na mesma proglótide ou entre proglótides diferentes, proglótides grávidas são eliminadas juntamente com as fezes e o colo regenera continuamente as proglótides arrancadas. Na teníase o homem possui a tênia adulta no intestino, comportando-se como hospedeiro definitivo. Os ovos da tênia são eliminados com as fezes, contaminam água e alimentos, e, caso ingeridos pelo hospedeiro intermediário, darão continuidade ao ciclo.

A *Taenia solium* infesta o intestino do Homem e tem como hospedeiro intermediário o porco, a *Taenia saginata* possui o boi como hospedeiro intermediário. No hospedeiro intermediário as larvas buscam a musculatura onde darão origem a formas de resistência – os cisticercos. É a partir da ingestão de carne de boi ou porco mal passadas contendo cisticercos que o homem adquire a teníase.

Uma pessoa pode ao ingerir água e alimento contaminados com ovos de *Taenia solium*, adquirir ovos de tênia, que no organismo poderão dar origem a cisticercos nos músculos e no cérebro (cisticercose). Na cisticercose o homem comporta-se como hospedeiro intermediário, e esta doença mostra-se como muito mais perigosa do que a teníase.



5. NEMATELMINTOS (ASQUELMINTOS)

Os nematódeos ou nemátodos (*Nemathelminthes*) são vermes cilíndricos de vida livre ou, na maioria das espécies, parasítica. Atualmente alguns cientistas têm descrito este grupo como o mais abundante dentre os metazoários, uma vez que a radiação adaptativa ocorrida nos nematódeos só perderia em termos de biodiversidade a radiação dos artrópodos.

Encontram-se em todos os habitats, terrestres, marinhos e de água doce e chegam a ser mais numerosos que os outros animais, tanto em número de espécies, como de indivíduos. Algumas espécies são microscópicas, enquanto uma espécie, parasita de baleia pode atingir 13 metros de comprimento.

São animais triblásticos (ectoderma, mesoderma e endoderma), protostômios (blastóporo origina a boca), e pseudocelomados (diferentemente dos platelmintos, o mesoderma não é compacto – apresenta uma cavidade delimitada pelo mesoderma externamente e endoderma internamente).

Seu corpo cilíndrico, alongado e não segmentado exhibe simetria bilateral. São os primeiros animais com sistema digestivo completo (boca e ânus), fato que permite sua digestão ser exclusivamente extracelular.

Sistemas circulatório e respiratório ausentes (respiração cutânea direta), transporte de substâncias se dá por difusão. Sistema excretor composto por dois canais longitudinais (ductos excretores em formato de H que se abrem em orifício próximo à boca), sistema nervoso ganglionar parcialmente centralizado, com anel nervoso ao redor da faringe.

Assim como os platelmintos, os nematelmintos são avasculares (não possuem sistema circulatório). A cavidade corporal (o pseudoceloma) contém um líquido, e a contínua movimentação desse líquido, propiciada pela contração da musculatura longitudinal do corpo, permite uma relativa distribuição de materiais entre as diferentes partes do corpo. A maioria das espécies são dioicas, (realizam fecundação interna), ocorrendo em algumas nítido dimorfismo sexual: normalmente os machos são menores que as fêmeas, apresentam espinhos copulatórios e possuem a cauda encurvada

As principais verminoses causadas por nematódeos são descritas a seguir:

→ **Ascaridíase:** A ascaridíase, popularmente conhecida como lombriga, é a verminose mais difundida no mundo. A contaminação por *Ascaris lumbricoides* ocorre pela ingestão de água ou alimentos contaminados por seus ovos. O ciclo tem início a partir de um hospedeiro. A fêmea é capaz de produzir 200 mil ovos por dia, sendo que parte desses ovos é eliminada através das fezes. A contaminação ocorre quando as condições de higiene e de saneamento básico favorecem o contato desses ovos com a terra, a água, e com alimentos que são ingeridos.

→ **Amarelão:** A ancilostomose, também conhecida por amarelão, é uma doença causada pelos vermes *Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale*. As formas adultas desses parasitas se instalam no aparelho digestivo dos seres humanos, onde se fixam na porção que compreende o intestino delgado, nutrindo-se de sangue do hospedeiro e causando anemia. Essa doença é transmitida através da penetração ativa de pequenas larvas infectantes na pele de um indivíduo em contato com ambientes propensos, principalmente o solo, contendo fezes contaminadas por ovos que eclodem e desenvolvem as larvas. Após passarem pela epiderme, as larvas atingem a corrente sanguínea, seguindo em direção aos alvéolos nos pulmões (pequena circulação). Por meio das vias respiratórias, as larvas se deslocam pela traqueia até a laringe, onde são deglutidas com os alimentos ingeridos, passando pelo esôfago, estômago e alcançando a parede do intestino. Neste local se reproduzem, eliminando ovos juntamente às fezes. O controle desta doença se dá através de medidas simples como o uso de calçados e o saneamento básico.



Intestino obstruído por lombrigas (esq.) e Jeca Tatu (dir.) personagem de Monteiro Lobato cuja preguiça aparentemente deve-se a infestação por ancilóstomos.

→ **Oxiurose:** causada pelo nematódeo *Enterobius vermicularis* ou *Oxyurus vermicularis*, possui distribuição geográfica mundial, mas tem incidência maior nas regiões de clima temperado. Como principal característica desta parasitose temos o fato das fêmeas eliminarem grande quantidade de ovos na região próxima ao ânus. A transmissão da doença é variada. Pode ser de forma direta, onde a criança ao coçar a região anal, coloca a mão infectada pelo verme na boca. Também pode acontecer indiretamente pela contaminação da água ou alimento, ao cumprimentar uma pessoa que esteja com a mão suja contendo ovos do verme. É muito comum, em ambientes que possuam pessoas que tenham a doença encontrar ovos do verme em roupas de cama, nas toalhas, no chão e nos objetos da casa, sendo frequentes as pequenas epidemias entre aqueles que habitam a mesma residência.

→ **Filariose:** A filariose, ou elefantíase, é causada pelo nematelminto *Wuchereria bancrofti*. Tem como principais transmissores da doença as fêmeas dos mosquitos dos gêneros *Culex*, hospedeiros intermediários típicos de clima úmido e quente. O mosquito é infectado quando pica um ser humano doente e as formas infectantes se alojam, principalmente, para a cabeça do animal. Ao picarem uma pessoa, as larvas do helminto penetram na corrente sanguínea e se dirigem aos vasos e gânglios linfáticos que obstruídos inviabilizam a drenagem local causando severos inchaços.



Indivíduos com hipertrofia dos órgãos decorrente da filariose

6. ANELÍDEOS

No grupo dos anelídeos estão incluídos animais com corpo vermiforme, cilíndrico geralmente segmentado, dividido em anéis (metameria), daí o nome deste filo que tem origem no latim anus = anel. Os anelídeos vivem no solo úmido, na água doce e salgada. Existem mais de 15.000 espécies destes animais em praticamente todos os ecossistemas, terrestres. Encontram-se anelídeos com tamanhos desde menos de um milímetro até mais de 3 metros. Podem ser parasitas ou de vida livre. A maioria é monoica, mas também existem exemplares dioicos. Os representantes mais conhecidos são as minhocas (Classe Oligochaeta) e as sanguessugas (Classe Hirudinea). Além deles há um grupo muito biodiverso do ambiente marinho – os poliquetos (Classe Polychaeta).

Quanto a embriogênese são animais triblásticos, protostômios, celomados (diferentemente dos nematelmintos que são pseudocelomados com cavidade delimitada pelo mesoderma e endoderma – o celoma verdadeiro é delimitado somente pelo mesoderma).

Possuem simetria bilateral e tubo digestivo completo, com digestão exclusivamente extracelular. Apresentam adaptações digestivas como o papo – armazena o alimento; a moela – favorece a trituração do alimento; e o tiflosole – aumenta a superfície intestinal de absorção de nutrientes. A respiração da maioria é cutânea indireta – uma vez que as trocas ocorrem através da pele e posteriormente a circulação sanguínea transporta os gases aos tecidos do animal.

O sistema vascular é composto por um vaso sanguíneo dorsal que leva o "sangue" no sentido da "cauda" e outro ventral, que o traz na direção oposta. Como as trocas ocorrem entre capilares e tecidos a circulação dos anelídeos é considerada fechada. Seu sistema nervoso é ainda ganglionar, formado por um cordão ventral, a partir do qual saem nervos laterais em cada segmento.



Alguns exemplares anelídeos: a minhoca (oligoqueto), a sanguessuga (hirudíneo) e um poliqueto tubícola filtrador

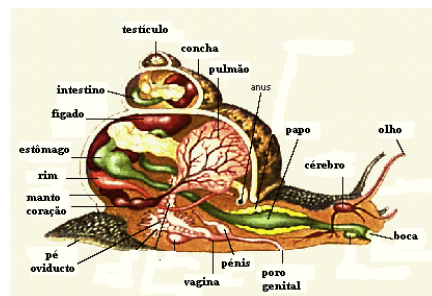
Na reprodução das minhocas o clitelo (anel modificado) produz um casulo, dentro do qual são eliminados os óvulos maduros. O casulo, então, desliga-se do clitelo e desloca-se, recebendo espermatozoides de outra minhoca, desta forma a fecundação dos óvulos ocorre externamente aos indivíduos. Assim, apesar de hermafrodita, a minhoca realiza fecundação cruzada aumentando a variabilidade genética.

7. MOLUSCOS

Os moluscos (filo Mollusca do latim molluscus = mole) são animais de corpo mole, não segmentado, viscoso, com simetria bilateral, podendo existir representantes assimétricos. A maioria dos representantes é marinha, podendo também ser dulcícola e terrestre. Possuem grande importância econômica, pois podem ser utilizadas na alimentação, fabricação de adorno, como pérolas e objetos de colecionadores. Existem mais de 110 mil espécies descritas.

Ao longo da evolução do grupo surgiu um exoesqueleto calcáreo (concha). Alguns moluscos desenvolveram secundariamente uma concha interna e reduzida (lula) e outros perderam totalmente a concha (polvos e lesmas). O corpo é dividido em cabeça, pé e massa visceral. O exoesqueleto é produzido pela parede externa dorsal do corpo que forma o manto ou pálio. Entre a parede do corpo e o manto é encontrada uma cavidade que usualmente está associada a respiração denominada cavidade paleal.

Quanto a embriogênese são animais triblásticos, protostômios, celomados. Possuem um sistema digestório completo com digestão somente extracelular, onde na boca existe uma estrutura chamada rádula, que é formada por vários dentes de quitina, que raspam o substrato para obtenção de alimentos.



Anatomia interna de um molusco (gastropodo)

A respiração nos moluscos é do tipo branquial, pulmonar ou cutânea, dependendo do habitat do animal. Sua circulação é do tipo aberta ou lacunar, pois o sangue que são do coração cai em cavidades ou lacunas que vão banhar as células. Nos cefalópodes (polvos) a circulação é do tipo fechada. Os moluscos possuem pigmentos respiratórios chamados hemocianina e, nos cefalópodes é possível encontrar também a hemoglobina.

A excreção é feita por metanefrídios. Cada metanefrídio possui um ducto com duas aberturas: uma para a cavidade pericárdica, chamada nefróstoma, de onde retira as excretas, e um poro excretor, chamado nefridióporo, por onde saem as excretas. Diferentemente das células-flama dos platelmintos as nefrídias dos anelídeos e moluscos permitem a reabsorção de substâncias úteis diminuindo a perda de solutos importante e, principalmente, de água.

Seu sistema nervoso é ganglionar. Os cefalópodes possuem uma intensa cefalização. Os gânglios cerebroides ficam na cabeça e inervam principais estruturas cerebrais, os gânglios pediosos inervam os pés e são responsáveis pela locomoção e os gânglios viscerais inervam as vísceras.

Podem ser monoicos ou dioicos, há grande variação dos padrões reprodutivos, podendo a fecundação ser interna ou externa e o desenvolvimento direto (gastropodos e cefalópodos) ou indireto (demais moluscos).

As principais classes de moluscos são:

- Gastrópoda: caramujos, lesmas.
- Bivalvia (*Pelecypoda*): mexilhões e ostras.
- Cephalopoda: polvos e lulas
- Polyplacopora: quítons



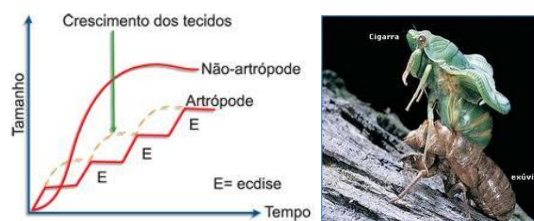
Representantes das principais classes de moluscos

Moluscos filtradores (ex.: mexilhões e ostras) filtram milhares de litros de água a cada dia, podendo ser um dos organismos mais afetados em caso de contaminação química (ex.: poluentes não biodegradáveis) ou biológica (ex.: microrganismos) das águas.

8. ARTRÓPODOS

Os Artrópodes (do grego arthros: articulado e podos: pés, patas, apêndices) agrupam mais de 800 mil espécies, quantidade que supera todos os demais filos reunidos. São adaptáveis em diferentes ambientes, tem uma grande capacidade de reprodução, e possuem como principais características as antenas, apêndices bucais e locomotores articulados e uma carapaça protetora externa, que é o seu esqueleto de quitina.

A presença de exoesqueleto quitinoso foi fundamental para o sucesso adaptativo deste grupo, especialmente para a conquista do ambiente terrestre exercida pelos insetos. A quitina é um polissacarídeo impermeável a água e a gases, o que permite uma ampla vantagem sobre os demais invertebrados em relação a evitar a desidratação. O crescimento dos artrópodos é linear, mas como de tempos em tempos eles necessitam trocar seu exoesqueleto, o crescimento aparentemente segue um padrão saltatório, onde as trocas de exoesqueleto (mudas ou ecdises) garantem um “salto” abrupto no tamanho do animal.



Será que na verdade a cigarra estoura de tanto cantar ou cresce através de mudas ou ecdises?

Quanto a embriogênese são animais triblásticos, protostômios, celomados. Possuem um sistema digestório completo com digestão extracelular. A circulação é aberta ou lacunar, mas seu sangue (hemolinfa) é esbranquiçado, pois não possui pigmentos respiratórios. A troca gasosa não é comprometida, pois nos uniramia a respiração é traqueal, formada por tubos ramificados que realizam trocas gasosas diretamente nos tecidos. Crustáceos respiram por brânquias e possuem hemocianina para transportar gases. Aracnídeos respiram por filotraqueias ou pulmões-livro e, assim como os crustáceos, transportam gases através da hemocianina livre no sangue.

A excreção é feita por túbulos de malpighi, túbulos ramificados que captam os excretas no sangue e os eliminam diretamente no intestino. Crustáceos excretam através de glândulas verdes ou subantenais e os aracnídeos excretam na base das antenas através das glândulas coxais.

Seu sistema nervoso é ganglionar, com gânglios cerebroides bem desenvolvidos. Os órgãos dos sentidos são bastante diversificados – olhos, antenas tácteis, quimiorreceptores, cerdas, pelos tácteis.

Atualmente os Artrópodes podem ser classificados em três subfilos:

→ **Chelicerata:** artrópodes que possuem quelíceras e são representados principalmente pelas classes *Arachnida* (aranhas e escorpiões) *Merostomata* (límulus ou caranguejo-ferradura).

→ **Crustacea:** subfilo com cerca de dez classes, cujos representantes mais conhecidos são os siris, as lagostas e os camarões.

→ **Uniramia:** representado pelos artrópodes que possuem apêndices articulados não-ramificados, como antenas e pernas, formados por apenas um ramo; daí o nome do grupo. Nesse subfilo estão as classes *Hexapoda* ou *Insecta* (moscas, mosquitos, abelhas e formigas, por exemplo), *Diplopoda* (piolho-de-cobra) e *Chilopoda* (centopeias).

Veja uma tabela abaixo com as principais características das classes e subfilos dos artrópodes.

Características	CLASSES				
	Insecta	Crustacea	Arachnida	Chilopoda	Diplopoda
Hábitat principal	terrestre	água salgada ou doce	terrestre	terrestre	terrestre
Desenvolvimento	direto ou indireto	direto ou indireto	direto (exceto carrapatos)	direto	direto
Divisão do corpo	cabeça, tórax e abdome	cefalotórax e abdome	cefalotórax e abdome	cabeça e tronco	cabeça, tórax e abdome
Número de pernas	seis (são hexápodes)	variável (cinco pares ou mais)	oito (são octópodes)	muitas: presença de um par em cada anel	muitas: presença de dois pares em cada anel
Antenas	um par (díceros)	dois pares (tetráceros)	ausentes (áceros)	um par (díceros)	um par (díceros)
Respiração	traqueal	branquial	pulmotraqueal	traqueal	traqueal
Exemplos	barata, pulga, percevejo, cupim	caranguejo, craca, camarão, tatuzinho-de-jardim	aranhas, carrapatos, escorpiões	centopéias ou lacraias	embuá ou piolho-de-cobra

O desenvolvimento dos artrópodos pode ocorrer de diferentes maneiras. Embora a maior parte dos artrópodos sofra metamorfose, ela não está presente em todos os grupos, podendo ser classificados quanto à ocorrência de metamorfose em:

→ **Ametábolos:** jovens e adultos são idênticos, sua única diferença é a maturação sexual (ex.: traça dos livros)

→ **Hemimetábolos:** sofrem metamorfose incompleta. Do ovo sai a ninfa, um inseto jovem já com forma semelhante à do inseto adulto, embora ainda pequeno e sem asas. A ninfa passa por diversas mudas até tomar o aspecto definitivo (ex.: baratas, gafanhotos, cupins, piolho, percevejo e cigarra).

→ **Holometábolos:** sofrem metamorfose completa: do ovo sai uma larva com o aspecto de um pequeno verme; a seguir essa larva transforma-se em pupa, um estágio no qual o animal fica

imóvel e encerrado em um casulo. Após grandes transformações, o corpo do inseto adulto vai se formando dentro do casulo e quando está completo, ele emerge pronto para a reprodução (ex.: borboletas, moscas, besouros, abelhas, formigas, pulga).



Exemplo de metamorfose completa em lepidópteros (borboletas e mariposas)

9. EQUINODERMOS

Os equinodermos são seres do filo *Echinodermata* (do grego *echinos*, espinho + *derma*, pele + *ata*, caracterizado por). Seres exclusivamente marinhos, este filo constitui o filo de invertebrados de maior proximidade evolutiva com os cordados. Seu desenvolvimento embrionário é muito semelhante ao dos cordados. Além de serem triblásticos, a origem do seu celoma (enterocélica) é exclusiva destes dois grupos. Equinodermos e cordados também são os únicos seres deuterostômios, ou seja, o blastóporo origina diretamente o ânus (diferentemente dos demais invertebrados cujo blastóporo origina a boca – protostômios).

Possuem simetria radial secundária, pois na fase larval possuem simetria bilateral, vindo desenvolver a simetria radial somente no adulto. As larvas são livres natantes e semelhantes a embriões de cordados. Assim como a maioria dos cordados possuem endoesqueleto formado por placas calcárias, coberto por fina camada epidérmica.



Exemplos da biodiversidade de equinodermos

A principal autapomorfia de *Echinodermata* é o sistema aquífero ou ambulacral, que além de substituir o sistema circulatório no transporte de substâncias também é utilizado na locomoção, excreção e trocas gasosas destes animais.

Possuem tubo digestivo completo com digestão somente extracelular. Sua respiração é branquial. Seu sistema nervoso é radial simples com anéis nervosos e nervos radiais em volta da boca se estendendo por cada braço.

Os sexos normalmente são separados. A reprodução sexual tipicamente consiste de liberação de ovos e espermatozoides na água, com a fecundação acontecendo externamente. Muitos equinodermos têm grande capacidade de regeneração: uma estrela-do-mar cortada radialmente em várias partes vai, depois de alguns meses, regenerar em tantas estrelas viáveis quantas foram as partes separadas.

10. CORDADOS

Os cordados (*Cordata*, do latim *chorda*, corda) constituem um filo dentro do reino Animalia, que inclui os vertebrados, os anfioxos e os tunicados. As características diagnósticas do filo são: presença de notocorda, um tubo nervoso dorsal, fendas branquiais e uma cauda pós-anal, em pelo menos uma fase de sua vida.

Quanto ao desenvolvimento embrionário os cordados são triblásticos, celomados (celoma enterocélico) e deuterostômios – características compartilhadas com o filo Echinodermata.

Outras características importantes de cordados são:

- Simetria bilateral
- Corpo segmentado (metameria)
- Bolsas faríngeas presentes em algum estágio do ciclo da vida; em cordados aquáticos ela se desenvolve em fendas faríngeas
- Músculos segmentares dispostos em um tronco não-segmentado
- Coração ventral, com vasos sanguíneos, dorsais e ventrais; sistema circulatório fechado
- Sistema digestivo completo e digestão extracelular
- Endoesqueleto cartilaginoso ou ósseo presente na maioria dos membros (vertebrados)

O filo *Cordata* subdivide-se em três subfilos: *Urochordata*, *Cephalochordata* e *Vertebrata*. Os dois primeiros subfilos formam um grupo denominado Protocordados (*Acraniata*) e se distinguem com base na posição da notocorda no corpo do animal: *Urochordata*, apresenta o notocórdio na cauda e somente na fase larval; nos *Cephalochordata*, ela se estende por todo o corpo, persistindo até a fase adulta. Os *Vertebrata* caracterizam-se pela presença de vértebras e pelo desenvolvimento do crânio (*Craniata*).



Ascídia (esq.) e anfioxo (dir.) são protocordados

Os vertebrados constituem um grupo muito grande e diversificado, com cerca de 50.000 espécies descritas, com representantes aquáticos e terrestres. O esqueleto interno que define os vertebrados é formado por cartilagem, osso ou, na maior parte dos casos, por estes dois tecidos, e consiste no crânio, na coluna vertebral e em dois pares de membros, embora em alguns grupos, como as cobras e as baleias, os membros estejam ausentes ou apenas na forma vestigial. O sistema nervoso central dos vertebrados consiste no cérebro e na medula espinal protegidos, respectivamente, pelo crânio e pela coluna vertebral. Sua excreção ocorre por rins – que podem assumir diferentes formas, mas sempre possuem o néfron como unidade funcional.

As principais classes de vertebrados serão analisadas a seguir:

- **Agnatos ou Ciclostomos**

São vertebrados que não apresentam mandíbula (agnatos) e possuem boca com formato circular (ciclostomos). Entre os representantes atuais existem as lampreias (cerca de 50 espécies) e as feiticeiras (cerca de 60 espécies). A boca permanece sempre aberta e funcionando como ventosa, diferentemente dos protocordados não possuem mais alimentação por filtração. A maior parte é

ectoparasita de vertebrados apresentando uma língua com numerosos dentículos que são utilizados para raspar a epiderme do hospedeiro.

Demais características são:

Respiração com sete fendas branquiais – não possuem arcos branquiais como os peixes.

Coração com duas cavidades – circulação simples e venosa.

Rins pronéfricos ou cefálicos e excreção de amônia.

Reprodução com fecundação externa ou interna.

• Condrictes

A classe dos Condrictes (Elasmobrânquios) engloba as raias, os tubarões e as quimeras. São peixes que apresentam esqueleto cartilaginoso, cinco a sete pares de brânquias descobertas (sem opérculo), havendo de cada lado uma abertura anterior, o espiráculo. O ato de nadar continuamente faz com que ocorra a passagem de água pelas brânquias. Quando dormem eles se colocam no fundo em posição contrária à da corrente.



Lampreias (esq.) são agnatos, já raias (dir.) e tubarões são condrictes.

Um dos seus sentidos mais desenvolvidos é o olfato, suas narinas têm fundo cego (não se comunicam com a faringe) e têm função somente olfativa. Outro sentido importante é a captação de vibrações presentes na água – este sentido se dá por poros distribuídos lateralmente no corpo dos animais formando a linha lateral.

Raros são os tubarões que oferecem perigo ao homem. Alguns sequer chegam a ter dentes. Mas quando os apresentam, são em várias fileiras. Apresentam a mesma composição química de suas escamas placidez (esmalte, dentina e polpa). Seu coração também possui duas cavidades com circulação simples e venosa.

Não possuem bexiga natatória, mas seu fígado acumula óleos que serão os responsáveis por controlar sua densidade.

Apresentam rins mesonéfricos. A amônia é convertida em ureia, que fica diluída no sangue, tornando o animal isotônico com o meio. Dessa forma, possuem menor gasto de energia com a osmorregulação do que os peixes ósseos. Esse processo é denominado uremia fisiológica.

• Osteíctes

A classe dos Osteíctes é formada pelos peixes ósseos, peixes bastante diversificados na água doce (ex.: acará, bagre, dourado, lebiste, cascudo) e salgada (ex.: palhaço, cavalo-marinho, sardinha, atum).

Uma importante diferença para os peixes cartilagosos é a presença de uma bolsa chamada bexiga natatória, que em alguns peixes – fisóstomos, permanece ligada ao esôfago, podendo auxiliar as brânquias nos processos de trocas gasosas; e outros peixes – os fisóclistos tiveram o isolamento da bexiga natatória do esôfago, passando a funcionar como uma forma de o peixe alterar sua densidade, facilitando a controlar sua flutuação.



Exemplos de peixes ósseos

Possuem quatro pares de brânquias recobertas por uma placa óssea – o opérculo. Possuem cauda com terminação homogênea (homocerca) ou lobada (dificerca). Seu coração também tem duas cavidades com circulação simples e venosa. São amoniotélicos, apresentando rins mesonefros.

Diferentemente dos condríctes que possuem escamas de origem mista, sua epiderme apresenta-se recoberta por escamas de origem dérmica. Também possuem linha lateral.

• Anfíbios

Os anfíbios (latim científico: Amphibia = vida dupla). São animais que representam a transição entre vertebrados aquáticos e terrestres. Primeiro grupo de tetrapodos, evoluíram no Devoniano a partir de um grupo de peixes sarcopterígio sem representantes atuais (Acanthostega – provavelmente o primeiro anfíbio). Apresentam o saco vitelínico como o único anexo embrionário, logo são anamniotas e analantoidianos.

Muitas de suas características demonstram sua *grande dependência da água*. Apresentam desenvolvimento indireto e a larva é aquática. São animais de pele fina e úmida, na qual não ocorrem pelos ou escamas externos, ricas em vasos sanguíneos e glândulas que permitem-lhes que a utilize na respiração, absorção de água e defesa. Como suas características na fase larval e adulta são muito distintas iremos analisá-las separadamente:

- Larva: aquática (girino). Respiração branquial, rins mesonéfricos com excreção de amônia, Durante a metamorfose que origina a fase adulto, ocorre regressão da cauda, com ocorrência de autólise (apoptose) nas células que a formam.
- Adulto: maioria terrestre com forte dependência da água. O adulto possui um pulmão saculiforme com pequena superfície relativa o que torna a respiração cutânea indireta a mais importante. Podem apresentar também respiração bucofaríngea ao “engolirem” o ar. Seus rins tornam-se metanéfricos e seu excreta (ureia) determina perda d’água ainda acentuada. Normalmente tem fecundação externa, reproduzindo através de ovos que originam uma larva e posteriormente um adulto através do processo de metamorfose. Seus ovos são depositados em locais úmidos ou na água, pois não possuem casca para protegê-los da dessecação.

A circulação é fechada, dupla e incompleta, pois o coração possui dois átrios e um ventrículo. As glândulas em sua pele são de dois tipos: mucosas, que produzem muco e serosas (paratoides), que produzem veneno. Todos anfíbios produzem substâncias tóxicas, sendo algumas espécies mais e outras menos tóxicas e os acidentes com humanos ocorrem somente se tais substâncias entrarem em contato com nossas mucosas ou sangue.

As principais ordens de anfíbios são:

- Gymnophiona (Ápoda): cobras-cegas ou cecílias.
- Urodela: salamandras e os tritões

→ Anura: sapos, as rãs e as pererecas.



Exemplos das principais ordens de anfíbios

- **Répteis**

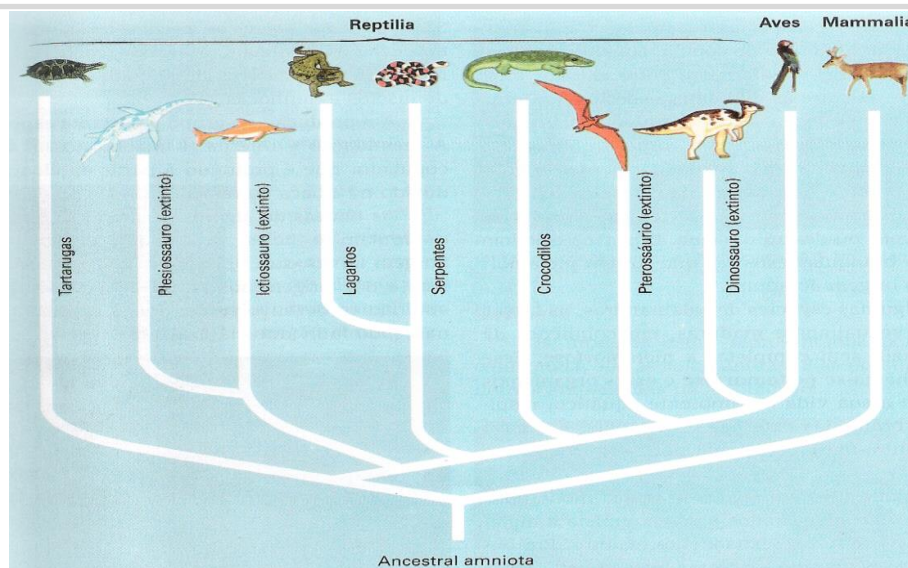
Os répteis (latim científico: Reptilia=rastejante) constituem o grupo de vertebrados que finalmente conquistam de maneira efetiva o ambiente terrestre.

Seus membros locomotores no mesmo plano do corpo, fazendo com que haja o rastejamento do ventre no solo. Seus rins metanefros (abdominais), melhoram muito a capacidade filtradora do sangue. A excreção de ácido úrico – substância pouco tóxica e pouco solúvel, consiste em importante adaptação ao ambiente terrestre.

Seu tegumento é seco e intensamente queratinizada recoberta por escamas, placas dérmicas ou carapaças. Seus pulmões são parenquimatosos alveolados, intermediários entre os pulmões dos anfíbios e os vertebrados superiores. Seu coração possui três cavidades (dois átrios e um ventrículo), entretanto, o ventrículo único dos répteis é parcialmente dividido pelo septo de Sabatier, o que torna a mistura de sangue arterial e venoso apenas parcial. Um coração diferente é o dos crocodilianos, como os crocodilos e os jacarés, que apresentam o ventrículo completamente dividido, e o coração se apresenta com quatro câmaras: dois átrios e dois ventrículos. Sua circulação é idêntica a dos anfíbios – dupla e incompleta.

Sua fecundação é interna e os ovos cobertos por uma casca calcária (fonte de cálcio para o embrião) e porosa (permite que ocorram trocas gasosas com o ambiente), adaptações que tornam sua reprodução independente da água. O surgimento de anexos embrionários como o amnião (amniotas), alantoide (alantoidianos) e córion também foi fator crucial ao desenvolvimento embrionário direto no meio terrestre. Atualmente o termo réptil não é mais utilizado como veremos a seguir. Os grupos que tradicionalmente formavam os répteis hoje compõem três classes distintas: Lepidosauria (lagartos, serpentes e anfisbenias), Testudinae (quelônios) e Archosauria (jacarés e aves!):

Como a definição tradicional dos répteis é parafilética não estranhe se algum cientista lhe afirmar que os répteis não existem e os dinossauros ainda estão por aí (crocodilianos e aves!). Pode parecer estranho, mas os crocodilianos constroem ninhos e cuidam dos filhotes e, tantos os filhotes como os adultos apresentam alguns tipos de vocalizações. Além disso, o coração de um crocodiliano, é dividido em 2 átrios e 2 ventrículos, diferentemente dos demais Répteis, que é dividido em 2 átrios e 1 ventrículo. Observe o cladograma abaixo que comprova esta afirmação:



• Aves

As aves surgiram na Era dos Répteis a partir de dinossauros bípedes, predadores que se deslocavam rapidamente sobre o solo utilizando as patas traseiras. A linha evolutiva que partiu dos dinossauros e originou as aves está relacionada com a endotermia (manutenção da temperatura corpórea estável) e com o voo.

Aves são bípedes dotados de penas e boca com bico, não apresentando dentes. As principais características das aves dizem respeito as suas adaptações ao voo, onde destacam-se: a presença de penas e asas, o esterno bem desenvolvido, ossos pneumáticos (occos e leves), pulmões com sacos aéreos, glândula uropigiana (secreta óleo impermeabilizante das penas) e ausência de bexiga urinária.



Exemplos da biodiversidade de aves

Seu tubo digestivo é completo possuindo adaptações como: bico córneo; papo (armazenar e amolecer os alimentos); estômago com dois compartimentos - o estômago químico (proventrículo), no qual a ação é enzimática; e um estômago mecânico (moela), de natureza muscular que age na trituração dos alimentos; seu tubo digestivo termina na cloaca que também é a abertura de seu sistema excretor e reprodutor.

Apresentam rins metanefros e excretam ácido úrico e não possuem bexiga urinária. A respiração é pulmonar. Os pulmões são muito eficientes nas trocas gasosas e são do tipo alveolar.

As aves apresentam circulação fechada, dupla e completa, com um coração com quatro cavidades. Esta anatomia e fisiologia do coração e respiratória permitem que os tecidos recebam grandes quantidades de oxigênio, fazendo com que as aves tenham um metabolismo alto, o que gera calor suficiente para que elas sejam animais endotérmicos.

São animais ovíparos, com ovos com casca, amniotas e alantoideanos e quase sempre cuidam da prole.

- **Mamíferos**

Com a extinção dos dinossauros, há cerca de 65 milhões de anos, mudaram as condições ambientais e o rumo da evolução. É provável que a sobrevivência dos mamíferos no período de baixas temperaturas que extinguiu os dinossauros tenha ocorrido devido a dois fatores: seu menor porte e a endotermia. As principais características dos mamíferos são o corpo coberto por pelos, muitas glândulas na pele, heterodontia, quatro membros adaptados para diversas funções, e hemácias anucleadas.

A epiderme dos mamíferos é queratinizada e revestida por pelos e glândulas (mamárias, sebáceas e sudoríparas), além de alguns anexos como: chifres, garras, unhas, cascos, espinhos etc. A respiração é pulmonar em todos os mamíferos. A circulação é fechada, dupla e completa. O coração é completamente dividido em quatro câmaras (dois átrios e dois ventrículos). Assim como as aves, todos os mamíferos têm a capacidade de regular a temperatura corporal (endotérmicos).

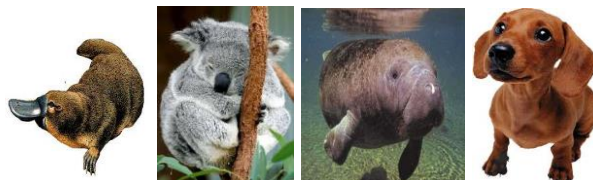
O sistema excretor dos mamíferos é formado por dois rins metanefros que excretam principalmente ureia.

Quase todos os mamíferos são vivíparos com fecundação interna e desenvolvimento direto. O alantoide e o saco vitelínico são apenas vestigiais, uma vez que suas funções são realizadas por um novo anexo embrionário, a placenta. Apresentam o âmnion e o córion. Os mamíferos são divididos em três grandes grupos:

→ Prototheria (Monotremados): mamíferos ovíparos como o ornitorrinco e a équidna

→ Metatheria (Marsupiais): filhotes nascem precocemente e terminam seu desenvolvimento dentro do marsúpio (ex.: canguru, coala, diabo da tasmânia e o gambá).

→ Eutheria (Placentários): placentários verdadeiros como os morcegos, ratos, cavalo, peixe-boi, baleia e homem.



Exemplos da biodiversidade dos mamíferos

Fisiologia – Parte 1

1. INTRODUÇÃO

A fisiologia (do grego physis = natureza, função ou funcionamento; e logos = palavra ou estudo) é o ramo da biologia que estuda as múltiplas funções mecânicas, físicas e bioquímicas nos seres vivos. De uma forma mais sintética, a fisiologia estuda o funcionamento do organismo. Veremos neste módulo algumas das grandes funções vitais: a digestão, respiração e circulação.

2. SISTEMA DIGESTÓRIO

Atualmente conhecemos três diferentes formas de assimilar os componentes nutricionais. O autotrofismo, presente nos seres fotossintéticos e quimiossintéticos, consiste em converter compostos inorgânicos que foram assimilados do meio em compostos orgânicos, havendo a necessidade de absorver energia.

O heterotrofismo, presente em todos os seres consumidores, e na grande maioria dos decompositores, consiste em assimilar constituintes orgânicos para que estes sejam convertidos em outros de maior peso molecular. Porém, para que ocorra a assimilação torna-se necessário que ocorra uma digestão prévia, reduzindo os compostos ao menor tamanho possível, viabilizando a passagem pelas membranas. Uma terceira forma de nutrição é o mixotrofismo evidente nas euglenas, seres unicelulares que podem assimilar fontes orgânicas fagocitando-as do meio, ou utilizar a energia luminosa na síntese orgânica a partir de elementos minerais.

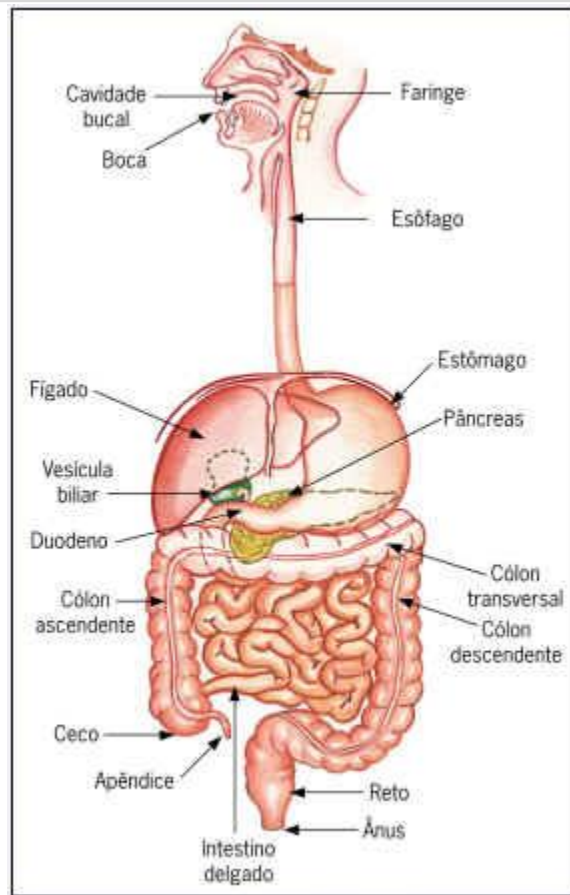
Nos mamíferos, assim como na maioria dos animais, a digestão é classificada como extracelular pelo fato de ocorrer fora das células, mas dentro de cavidades do tubo digestivo.

São descritos a seguir os principais componentes do tubo digestivo, seus órgãos anexos e a ação enzimática em cada um destes órgãos:

→ Boca: Na boca três mecanismos de ação são evidenciados, todos tendo uma grande importância: a mastigação (ação dos dentes) e a deglutição (ação da língua), que correspondem a processos mecânicos de digestão; e a ação da saliva que contém como principal enzima a amilase salivar ou ptialina, enzima responsável pela digestão do amido em maltose. Sua ação ocorre somente em pH neutro (próximo a 7)

→ Faringe: Órgão comum ao sistema digestório e respiratório. Conduz o bolo alimentar ao esôfago.

→ Esôfago: Região do tubo digestivo em que a presença de músculos lisos permite a ocorrência dos movimentos peristálticos, sendo similar a outras regiões do sistema digestório, conduz o alimento ao estômago.



→ Estômago: O estômago é o principal reservatório de alimento do tubo digestivo. A porção superior do estômago está conectada ao esôfago. A porção inferior esvazia-se no duodeno, a primeira parte do intestino delgado. Na sua luz (cavidade) é lançado o suco gástrico, que tem como principais elementos o HCl (ácido clorídrico) e o pepsinogênio.

O HCl estomacal é importante na determinação da acidez estomacal, criando um pH propício ($\text{pH}=2$) à ativação do pepsinogênio (zimogênio=enzima inativa) em pepsina, e combatendo possíveis microrganismos presentes no alimento.

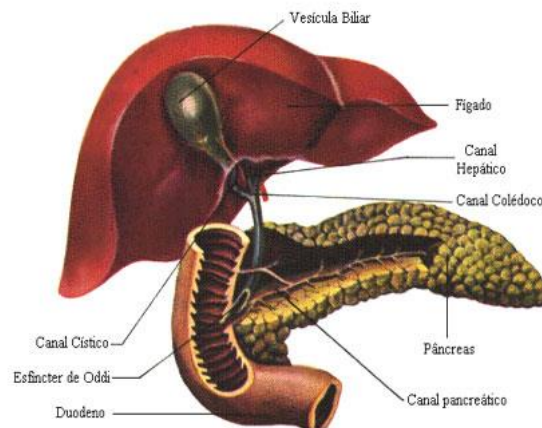
A pepsina é a principal enzima estomacal. Esta protease converte proteínas em peptídeos menores que terão sua digestão continuada no duodeno.

No estômago do recém-nascido também é produzida a renina - enzima que digere a caseína (proteína do leite). No adulto esta enzima deixa de ser produzida.

Como o alimento no estômago modifica-se bastante, o bolo alimentar passa a ser denominado quimo e é encaminhado ao duodeno.

→ Intestino Delgado: Compõe a região do tubo digestivo em que irá ocorrer a maior parte da digestão e da absorção dos nutrientes. Sua porção mais curta será chamada de duodeno, seguida do jejuno e da porção final, mais longa chamada de Íleo.

Ao chegar ao duodeno, o quimo será completamente modificado em quilo através da ação de três sucos - a bile, o suco pancreático e o entérico.



No suco pancreático são encontrados:

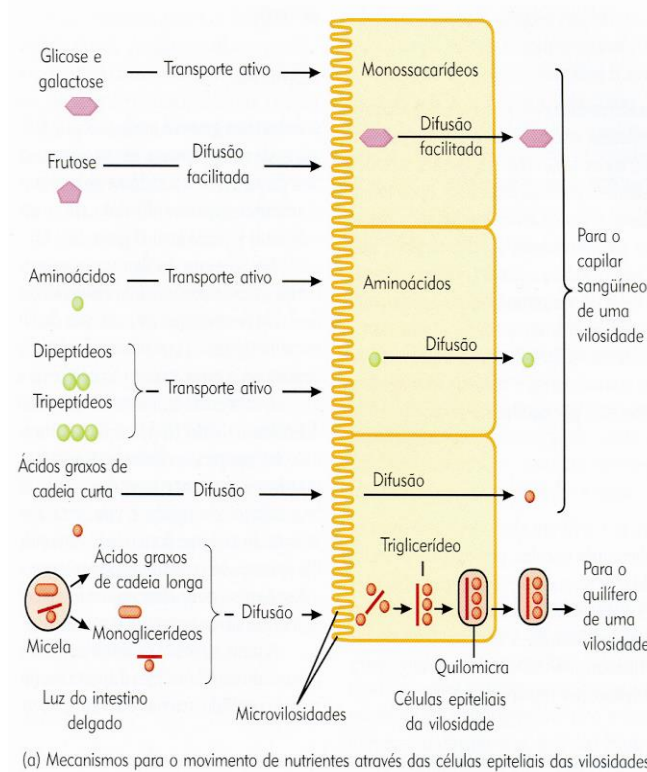
- Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3): alcaliniza o quimo ácido, permitindo uma atividade enzimática ótima em pH básico (pH= 8).
- Tripsinogênio, Quimiotripsinogênio e carboxipeptidases: São proenzimas responsáveis por finalizar a digestão das proteínas que foram ingeridas na dieta.
- Lipase pancreática: digere triglicerídeos
- Nucleases: digere ácidos nucleicos (DNA e RNA).

A bile é formada por sais biliares, compostos produzidos a partir do colesterol que somente emulsificam os lipídios. É importante notar que a bile não contém enzimas, sendo sua digestão apenas mecânica aumentando a superfície de contato dos lipídios alimentares com as lipases entérica e pancreática.

Na secreção entérica propriamente dita, iremos encontrar:

- Dipeptidases: terminam a digestão das proteínas liberando aminoácidos que poderão ser absorvidos pelo organismo
- Dissacaridases: enzimas como a maltase, a sacarase e a lactase terminam a digestão dos glicídios.
- Lipase entérica: digere triglicerídeos

Após o término da digestão no duodeno, os nutrientes seguem ao jejuno e íleo onde estes serão absorvidos. Aumentando a superfície de absorção são encontradas neste local inúmeras vilosidades e microvilosidades. O esquema abaixo nos mostrar como os principais compostos são absorvidos.



→ Intestino Grosso: O peristaltismo intestinal irá conduzir o bolo alimentar em direção à porção terminal do tubo digestivo, restando basicamente absorver água e sais minerais, permitindo assim, a compactação do bolo fecal. No geral esta função é atribuída ao intestino grosso.

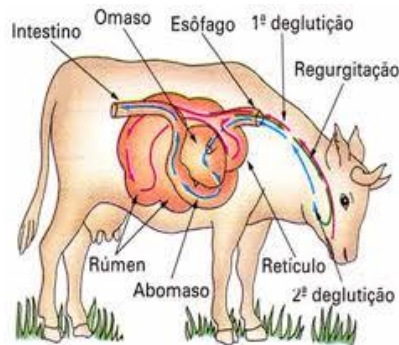
→ Ânus: último esfíncter do tubo digestivo, anel muscular que regula a liberação das fezes.

→ O apêndice cecal é uma porção do intestino grosso em que ocorre grande retenção de partículas como sementes, unhas, cascas etc. O inchaço do apêndice (apendicite) é preocupante pois caso este se rompa, fezes e milhões de bactérias se espalharão pelo organismo causando infecção generalizada e possivelmente a morte.

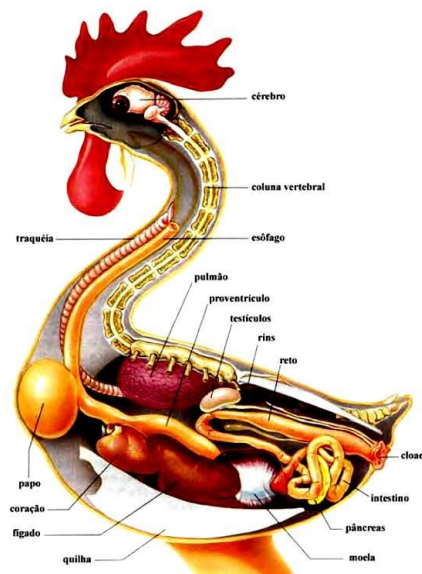


→ Digestão em ruminantes: Os ruminantes são mamíferos que apresentam o estômago composto por quatro cavidades, alguns exemplos importantes são o boi, o camelo, a lhama e a girafa. Na realidade o estômago verdadeiro é conhecido por abomaso ou coagulador, por ser o responsável

pela secreção do suco digestivo, sendo os outros três conhecidos por: barrete ou retículo, omaso ou folhoso e rúmen ou pança. Após ser ingerido o alimento é encaminhado ao rúmen, uma grande câmara de fermentação repleta de bactérias e protozoários que irão iniciar a digestão da celulose tornando-a disponível à digestão complementar. A ruminação consiste em regurgitar o bolo alimentar e remastigar as substâncias fibrosas indigestas, que são engolidas posteriormente. No barrete o alimento é compactado e encaminhado à boca, e após a segunda deglutição, ao omaso, onde irá ocorrer a absorção de água e sais que haviam sido incorporados ao bolo alimentar. Na próxima cavidade, o abomaso, o suco gástrico é incorporado ao bolo, iniciando então a digestão das proteínas.



→ Digestão nas aves: As aves apresentam algumas particularidades em relação ao sistema digestivo. A primeira cavidade à qual o alimento é encaminhado é o papo, onde este pode ser armazenado. A mesma cavidade também atua como uma câmara de fermentação, liquefazendo o alimento que pode ser fornecido aos filhotes. Seguindo pelo trato digestivo, o alimento chega ao pró-ventrículo, onde ocorre a secreção do suco gástrico, sendo encaminhado posteriormente à moela, onde este é triturado, aumentando a superfície das partículas que serão digeridas.

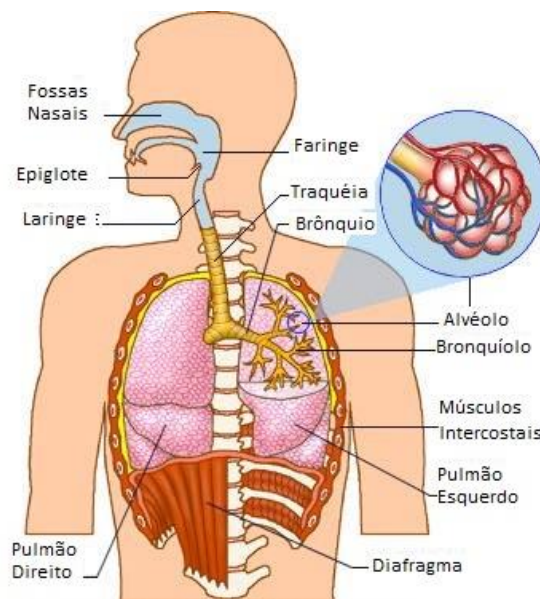


3. SISTEMA RESPIRATÓRIO

As células teciduais utilizam continuamente o O_2 para garantir a oxidação de compostos orgânicos e manter um alto saldo energético. Porém, tais reações determinam a liberação de CO_2 , que acidifica os fluídos corporais sendo extremamente tóxico. A troca de gases entre a atmosfera, o sangue e as células é denominado respiração, que será dividida em três processos básicos: a ventilação pulmonar, troca de ar entre a atmosfera e os pulmões; a respiração externa (pulmonar), troca de gases entre o pulmão e o sangue; e a respiração interna (tecidual), troca de gases entre o sangue e as células.

3.1. Principais componentes

Os principais órgãos de nossas vias aéreas são:

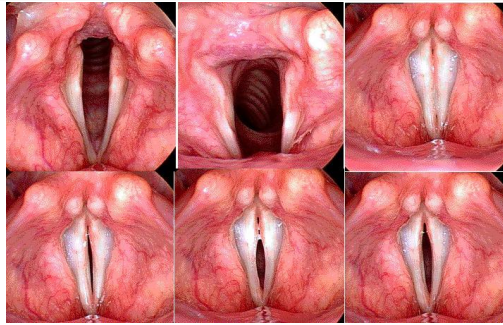


→ Fossas nasais: Repleta de vasos sanguíneos, pelos e muco exerce papel de aquecimento, umedecimento e filtração do ar

→ Faringe: Funciona como uma passagem de ar e alimento, sendo também uma ótima câmara de ressonância para os sons.

→ Laringe: estrutura que conecta a faringe com a traqueia. É neste mesmo local onde iremos evidenciar as pregas vocais, responsáveis pela produção do som. Na sua região superior encontra-se uma válvula - a epiglote que quando fechada permite que o alimento siga ao esôfago e quando aberta permite que o ar passe entre a laringe e a faringe.

→ Traqueia: É um tubo localizado anterior ao esôfago que irá conduzir o ar. Sua parede apresenta-se revestida por um muco, sendo sustentada por anéis cartilagosos com o objetivo de impedir o colapso do sistema respiratório. A traqueia posteriormente irá se ramificar nos brônquios, e estes nos bronquíolos até chegar aos alvéolos.

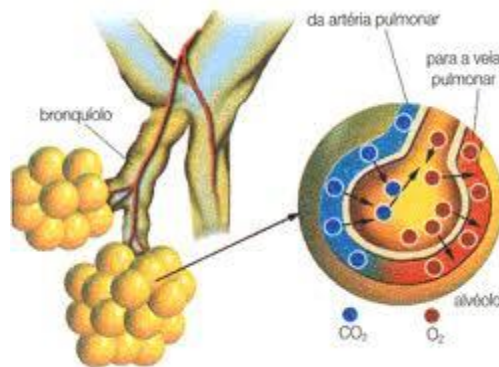


O movimento das pregas vocais garante a vocalização

Obs.: Asma: nos bronquíolos terminais já não evidenciamos mais anéis cartilagosos estando presente, um tecido muscular liso. Em determinadas situações, a divisão parassimpática do sistema nervoso autônomo e os mediadores de reações alérgicas (Histamina) podem causar a constrição do bronquíolo, levando a obstrução da via respiratória.

→ Alvéolos pulmonares: Apresentam-se em torno de 300 milhões, possuindo uma área estimada em 70 m², viabilizando uma grande superfície para a difusão dos gases.

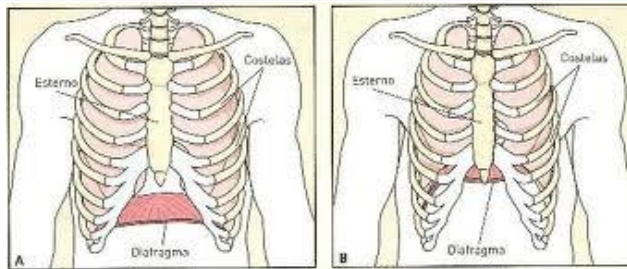
→ Pulmões: São órgãos pares situados na cavidade torácica separados dentre outras estruturas pelo coração, e revestidos por uma membrana denominada pleura. É entre os alvéolos pulmonares e os capilares sanguíneos que ocorre o fenômeno da hematose - troca gasosa que garante que o sangue venoso (rico em CO₂ e pobre em O₂) seja transformado em sangue arterial (rico em O₂ e pobre em CO₂).



O fenômeno da hematose ocorre entre capilares e alvéolos

3.2. Movimentos respiratórios

Para que o ar entre e saia dos pulmões é fundamental que haja contínua ventilação pulmonar - que consiste na troca de gases entre os alvéolos pulmonares e a atmosfera. Esta troca é promovida pela atividade do diafragma e músculos intercostais, que ao promoverem a dilatação dos pulmões (baixa pressão) e a contração pulmonar (alta pressão) promovem as trocas através de processo físico onde o ar se desloca de uma zona de alta pressão, para uma zona de baixa pressão.



Na situação A o diafragma contrai promovendo a inspiração, na situação B o diafragma relaxa promovendo a expiração.

3.3. Transporte de gases

No alvéolo pulmonar encontramos um tecido epitelial simples e pavimentoso, que irá facilitar a difusão dos gases por determinar uma pequena barreira mecânica. Logo após a difusão, praticamente todo o O_2 é incorporado pelas hemácias, sendo transportado associado à hemoglobina.

A hemoglobina combina-se reversivelmente com o O_2 formando a Oxiemoglobina e quando no tecido a pO_2 cai abaixo de 40mmHg, tal gás será liberado. Indicadores de alta taxa metabólica como temperatura elevada ou redução de pH, podem alterar a afinidade do gás pela hemoglobina, vinculando uma liberação mais rápida do O_2 .

No sangue o CO_2 pode ser transportado de diversas formas diferentes. Aproximadamente 7% irão se encontrar dissolvido no plasma; 23% do gás presente irá se combinar com a hemoglobina, formando a carbohemoglobina ($Hb.CO_2$); e cerca de 70% será transportada no plasma na forma de íons de bicarbonato (HCO_3^-).

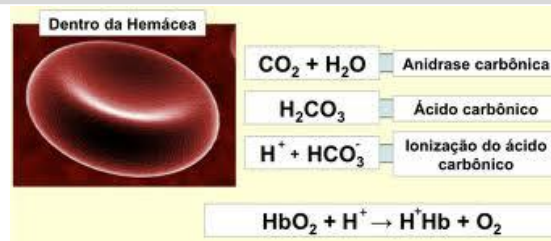
Obs.: Toxicidade do CO



O monóxido de carbono é um gás extremamente tóxico por ligar-se a hemoglobina ($Hb.CO$: carboxihemoglobina) com uma afinidade maior que a do oxigênio. Assim, o CO destrói a habilidade da hemoglobina de transportar e liberar o O_2 para os tecidos do corpo. A vítima perde a consciência e pode morrer por falta de O_2 no cérebro.

- Formação do íon bicarbonato e controle do ritmo respiratório:

No interior das hemácias, a anidrase carbônica catalisa a reação entre o CO_2 e a água, tornando-a muito mais rápida. Isto permite que grandes quantidades de CO_2 dos tecidos reajam com a água das hemácias antes mesmo que o sangue deixe os capilares teciduais.



O ácido carbônico (H_2CO_3) formado nas hemácias dissocia-se em íons de hidrogênio (H^+) e bicarbonato (HCO_3^-).

A maior parte dos íons de hidrogênio formados reage rapidamente com a hemoglobina, formando um poderoso tampão ácido-base. Os bicarbonatos formados difundem-se para o plasma, enquanto íons de cloro (Cl^-) se difundem para o interior das hemácias.

Nos pulmões, a PCO_2 dos alvéolos é levemente menor que a do sangue, o que faz com que o CO_2 se difunda do sangue para o interior dos alvéolos. Com isso, diminui a PCO_2 das hemácias, de forma que o ácido carbônico das células, sob a ação da anidrase carbônica, volta a transformar-se em água e CO_2 , sendo que a carbaminoemoglobina libera o CO_2 . Ou seja, reações diversas ocorrem nos capilares pulmonares, já que todas as reações para o transporte de CO_2 são reversíveis.

Em situações de falta de ar (apneia) o excesso de CO_2 promove a acidificação do plasma sanguíneo, nesta circunstância, o centro de controle respiratório localizado no bulbo encefálico promove a aceleração do ritmo respiratório. Caso um indivíduo hiperventile (ex.: mergulhador antes de afundar), a diminuição do CO_2 promoverá a alcalose sanguínea, retardando o tempo que o mergulhador passará a sentir falta de ar.



4. SISTEMA CIRCULATORIO

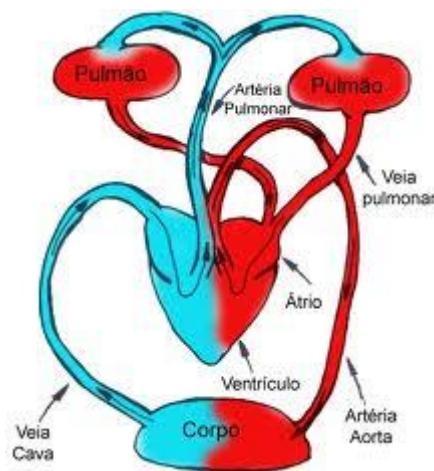
Em animais de pequeno porte, que apresentam grande relação entre superfície / volume, a difusão é suficiente para efetuar o transporte de partículas. Desta forma poríferos, cnidários, platelmintos e nematelmintos não apresentam um sistema especializado para tal função. Já nos animais mais complexos, de maior porte, é indispensável a sobrevivência um sistema especializado de transporte de nutrientes, excretas, gases, qualquer outro tipo de substância.

Nosso sistema circulatório é formado pelo coração, vasos sanguíneos e sangue, sendo estes componentes descritos a seguir:

- Coração

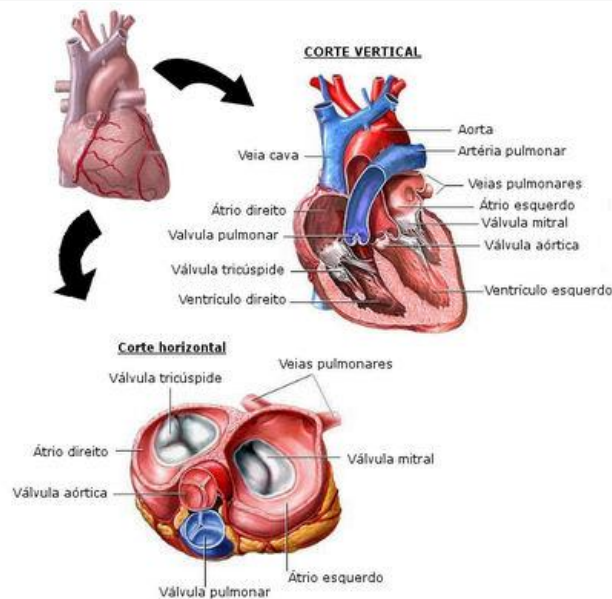
O coração situa-se entre os dois pulmões (região denominada mediastino), estando dois terços a esquerda da linha mediana do corpo.

A circulação de sangue na cavidade cardíaca pode ser dividida em dois processos: a pequena circulação (ou circulação pulmonar) e a grande circulação (ou circulação sistêmica). No primeiro caso, o sangue venoso é impulsionado do ventrículo direito em direção aos pulmões via artéria pulmonar. Neste local iremos observar as trocas gasosas, e um retorno de sangue arterial via veias pulmonares ao átrio esquerdo. No segundo caso, o sangue oxigenado é lançado do ventrículo esquerdo via artéria aorta para os tecidos, retornando para o átrio direito da cavidade cardíaca por veias cavas. Tente identificar na figura abaixo os elementos da pequena e da grande circulação.



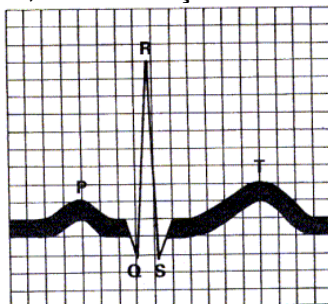
Garantindo que o fluxo de sangue seja unidirecional, no interior da cavidade cardíaca observa-se um grupo de válvulas atrioventriculares que irão impedir o refluxo de sangue para os átrios no momento da contração ventricular. Caso as válvulas não se fechem plenamente o refluxo diminuirá a pressão arterial podendo causar desmaios e em casos mais graves a morte - denominamos este refluxo sanguíneo de sopro cardíaco.

A contração do músculo estriado cardíaco é determinada por impulsos miogênicos, ou seja, gerados por fibras cardíacas especializadas na função. O impulso inicial é gerado pelo nódulo sino-atrial (marcapasso) que promove a contração dos átrios. Após retardado pelo nódulo átrio ventricular, o impulso chega aos ventrículos promovendo a sua contração.



Obs.: Eletrocardiograma

O trabalho cardíaco produz sinais elétricos que passam para os tecidos vizinhos e chegam à pele. Assim, com a colocação de eletrodos no peito, podemos gravar as variações de ondas elétricas emitidas pelas contrações do coração. O registro dessas ondas pode ser feito numa tira de papel ou num monitor e é chamado de eletrocardiograma (ECG). No coração normal, um ciclo completo é representado por ondas P, Q, R, S, T, com duração total menor do que 0,8 segundos.



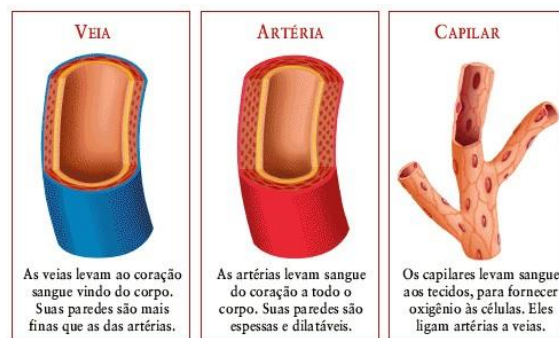
Neste gráfico se distingue uma onda P que corresponde à contração das aurículas, e um consecutivo complexo QRS determinado pela contração dos ventrículos. Conclui o ciclo uma onda T. Muitas alterações cardíacas determinam uma modificação da onda eletrocardiográfica normal, de modo que o eletrocardiograma representa um precioso meio de diagnóstico

- Vasos sanguíneos

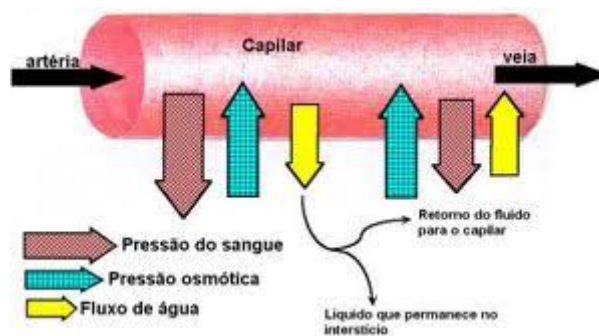
Os vasos sanguíneos formam uma rede de tubos que transportam sangue do coração em direção aos tecidos do corpo e de volta ao coração. As artérias são vasos que transportam o sangue do coração aos tecidos, se ramificando em artérias de menor calibre e nas arteríolas. No interior dos tecidos as arteríolas se ramificam em vasos ainda menores, onde iremos evidenciar as trocas teciduais, os capilares sanguíneos. Antes de deixar os tecidos, grupos capilares reúnem-se para formar as vênulas, que por sua vez irão dar origem a vasos de maior diâmetro, as veias, sendo estes, vasos que transportam sangue dos tecidos de volta ao coração. Artérias são vasos submetidos a uma alta pressão, e em virtude de tal fato irá apresentar sua parede constituída por

três túnicas (camadas) que circundam a luz do vaso. A túnica interna é composta por um epitélio simples e pavimentoso, chamado de endotélio. Já a túnica média consiste de músculo liso e fibras elásticas. Na túnica externa iremos observar uma grande disposição de fibras elásticas e colágenas.

Veias irão apresentar estrutura semelhante às artérias, porém com uma menor espessura. Ao chegar na rede de capilares sanguíneos, o mesmo irá sofrer uma grande resistência. Isto se deve ao fato do sistema capilar ser altamente ramificado, determinando que seu somatório diametral seja maior que o arterial. Como nas veias a pressão sanguínea é bastante reduzida, são encontradas em seu interior grande quantidade de válvulas, que evitam a formação de coágulos e o refluxo sanguíneo.



Na porção arterial dos capilares iremos observar uma alta pressão hidrostática (pressão do sangue no interior dos capilares) e uma baixa pressão osmótica (pressão de um fluido devido sua concentração de soluto). Tal mecanismo irá permitir um extravasamento de fluidos para os tecidos, determinando a nutrição das células que o compõem.



Na porção venosa dos capilares a pressão osmótica excede a pressão hidrostática, permitindo a reabsorção de uma grande parcela do líquido intersticial. O restante do fluido filtrado que possa ter extravasado retorna aos capilares através do sistema linfático.

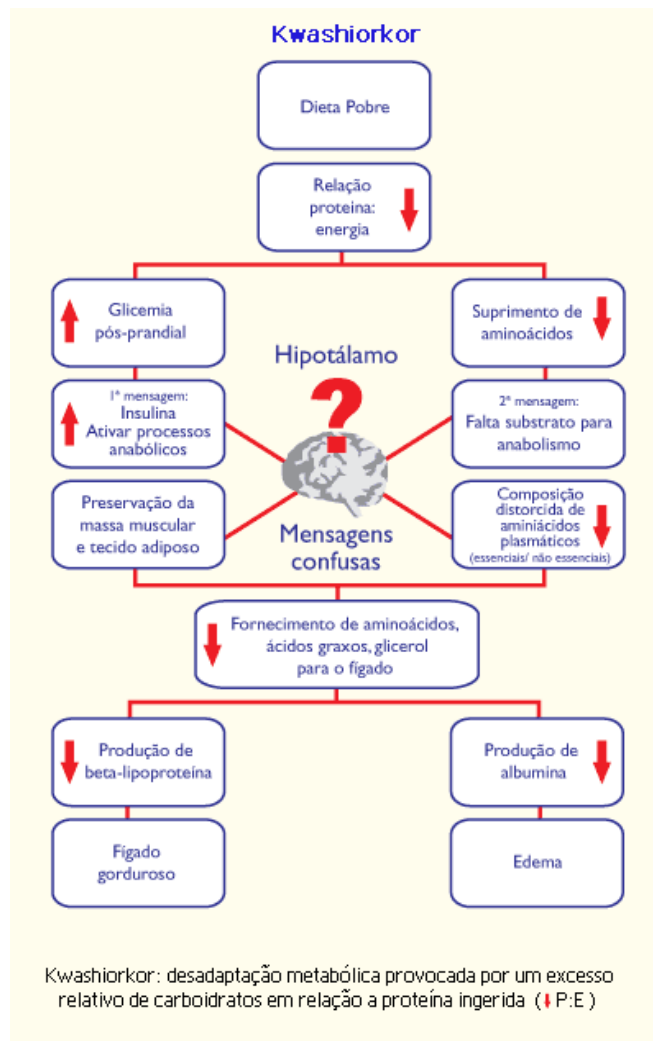
Obs.: KWASHIOKOR

Kwashiorkor é um tipo de doença decorrente da falta de nutrientes. Seu nome é originado de um dos dialetos de Gana, país da África, e significa "mal do 1º filho, quando nasce o segundo", indicando o aumento dos casos em que a criança mais velha foi desmamada (do peito materno) precocemente assim que seu mais novo irmão nasceu.

Existem várias explicações para o aparecimento e desenvolvimento da Kwashiorkor, tendo ainda controversas. Atualmente, considera-se que a deficiência proteica, aliada com as deficiências

energéticas e de micronutrientes, são importantes causas porém podem não ser os fatores chave. Pode ser que seja também causada por deficiência de um dos muitos tipos de nutrientes (ferro, ácido fólico, iodo, selênio, vitamina C), principalmente aqueles que respondem pela proteção antioxidante. Importantes antioxidantes são encontrados em quantidades reduzidas nas crianças com Kwashiorkor tais como glutatona, albumina, vitamina E e ácidos graxos poli-insaturados. Sabe-se que na diminuição da proteína plasmática (especialmente a albumina), diminui-se a pressão osmótica sanguínea o que diminui a reabsorção de água pelo capilar sanguíneo favorecendo assim a formação de edemas (ex.: fígado e baço).

Observe o quadro abaixo que resume as alterações encontradas no portador desta doença:



Fisiologia – Parte 2

1. INTRODUÇÃO

Neste módulo terminamos com a fisiologia trabalhando as últimas grandes funções vitais: excreção, coordenação endócrina, coordenação nervosa e reprodução.

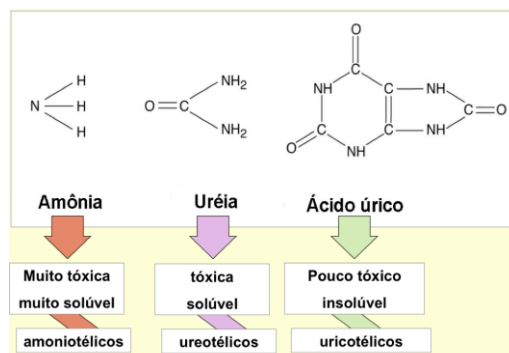
2. SISTEMA EXCRETOR

Os animais em geral buscam manter o equilíbrio interno, e para que este objetivo seja alcançado, muitos apresentam estruturas especializadas em remover excretas, que são produtos de vias metabólicas, mantendo a concentração desejada de determinados solutos e de água. Embora a água e o CO_2 sejam excretas, os principais resíduos que nós produzimos são os nitrogenados - pois apresentam elevado potencial tóxico, e são produtos do metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos.

Os aminoácidos em excesso, provenientes da dieta ou da renovação das proteínas celulares, são desaminados e oxidados, produzindo um cetoácido (o mais comum é o ácido pirúvico) e amônia (NH_3). O cetoácido pode ser oxidado com o objetivo de gerar energia ou ser utilizado em vias biossintéticas. Já a amônia deve ser retirada rapidamente do organismo, ou ser convertida em outros resíduos menos tóxicos como a ureia e o ácido úrico.

- **Restos nitrogenados**

Apesar das três excretas serem evidentes na urina de um animal, uma destas irá se sobrepor em função da quantidade de água disponível. A amônia é a mais tóxica das excretas, e apresenta uma elevada solubilidade, sendo necessária uma grande quantidade de água para mantê-la em baixa concentração. Logo, o estresse hídrico pode ser evidente caso não haja água disponível para a reposição. Por tal fato, a grande maioria dos animais aquáticos, como peixes ósseos, invertebrados e larvas de anfíbios, são amoniotélicos.

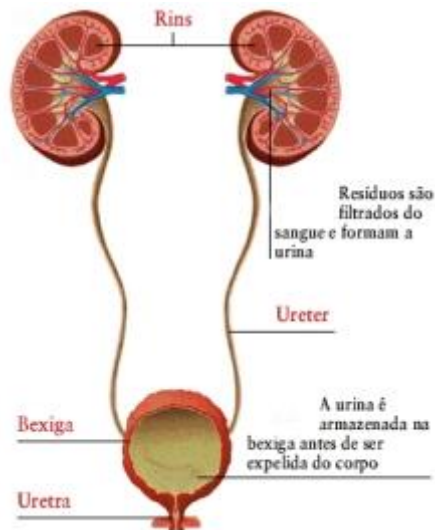


Os animais terrestres devem excretar ureia ou ácido úrico para evitar a desidratação. A transformação da amônia em ureia ocorre no fígado, em um conjunto de reações conhecido como ciclo da ornitina, elevando o gasto energético do animal. Estes animais são chamados de ureotélicos, sendo representados principalmente pelos peixes cartilagosos, anfíbios adultos e por mamíferos.

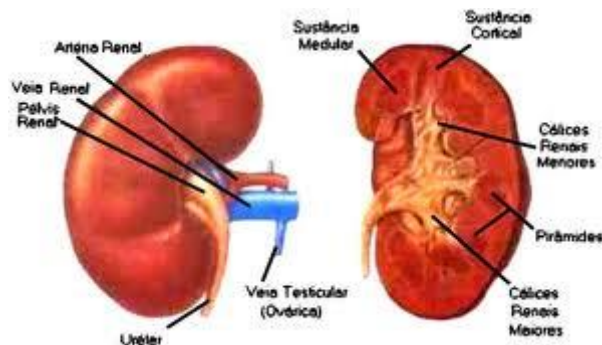
A excreção de ácido úrico garante a menor perda de água pelo animal, sendo extremamente adaptativa em animais terrestres. São animais uricotélicos os insetos, répteis e aves.

- **Vias urinárias**

O sistema urinário será composto basicamente por dois rins, dois ureteres, uma bexiga urinária e a uretra, como demonstrado na figura abaixo:



Sem dúvida nosso principal órgão excretor é o rim. Em seu córtex são encontradas cerca de um milhão de suas unidades funcionais - os néfrons, estruturas que filtram o sangue garantindo a formação urinária. Após formada a urina ela segue pela medula renal (pirâmides, cálice e pelve) até ser lançada nos ureteres que conduzem a urina até a bexiga.

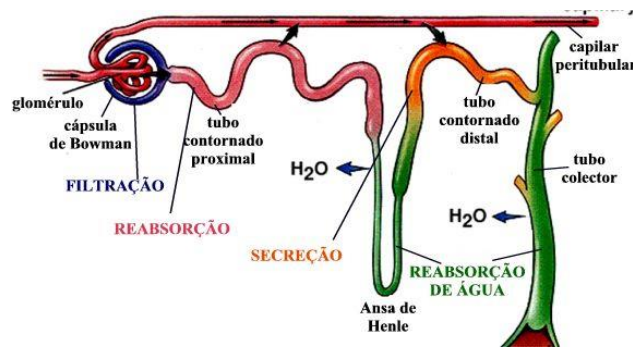


- **Formação da urina**

A primeira etapa necessária para manter o volume e a composição do sangue é chamada de filtração glomerular, e ocorre pelo fato do mesmo chegar à cápsula renal com uma elevada pressão hidrostática. Com isto, iremos observar um grande extravasamento de fluídos, sendo este filtrado captado pelo néfron e formado basicamente pelo plasma sem glóbulos sanguíneos e proteínas plasmáticas.

Ao passar pelos tubos contornados cerca de 99% do filtrado é reabsorvido. Tal processo é conduzido por células epiteliais ao longo do tubo, e o material reabsorvido irá atender as necessidades corporais no momento.

Na porção anterior do néfron ocorre principalmente a reabsorção ativa de soluto, o que torna o sangue mais concentrado do que o néfron. Desta forma, na região posterior do néfron (a partir da alça de Henle) ocorre intensa reabsorção passiva de água. No fim do néfron a urina completamente formada segue aos túbulos coletores que já a conduzem pela medula renal.



O controle da formação urinária é mediado principalmente pela ação de hormônios. Quando o sangue torna-se muito concentrado em virtude de uma grande perda hídrica, osmorreceptores hipotalâmicos determinam uma intensa produção do hormônio antidiurético ou vasopressina (ADH). O ADH irá promover a abertura das aquaporinas (canais aquosos) na região posterior do néfron, permitindo uma grande reabsorção de água.

Obs.: O álcool exerce uma forte influência no mecanismo de ação do ADH, inibindo sua atividade resultando em grandes perdas hídricas na urina.



A aldosterona é um mineralocorticoide responsável por promover a reabsorção de sódio, conseqüentemente de água, além de determinar a secreção de potássio. Quando ocorre uma queda na pressão arterial e, como conseqüência na taxa de filtração glomerular, é estimulada a produção de aldosterona, que aumentando a reabsorção sanguínea de sódio promoverá maior reabsorção de água e aumento do volume sanguíneo, promovendo assim o aumento da pressão arterial (homeostase).

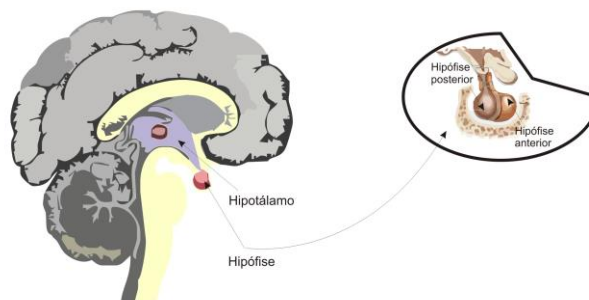
3. SISTEMA ENDÓCRINO

O sistema endócrino é formado pelas nossas glândulas endócrinas - aquelas que produzem mensageiros químicos (hormônios) que lançados no sangue alteram o metabolismo de uma célula-alvo específica.

Apesar de as concentrações plasmáticas de muitos hormônios variarem em resposta a diversos estímulos que ocorrem ao longo do dia, todos os hormônios parecem ser rigorosamente controlados. Na maioria dos casos, esse controle é exercido por meio de mecanismos de *feedback* (retroalimentação) negativo, que garantem nível apropriado de atividade do hormônio no tecido-alvo. Quando o estímulo determina a liberação do hormônio o resultado da ação tende a suprimir sua liberação adicional. São listadas abaixo nossas principais glândulas endócrinas bem como os hormônios por elas secretados:

- **Hipófise ou pituitária:**

Glândula-mestre do organismo pois controla grande parte das demais glândulas e estabelece a integração entre a coordenação hormonal e a nervosa. Localiza-se no encéfalo fixada ao hipotálamo, sendo dividida em duas partes: a adeno-hipófise (hipófise anterior) e a neuro-hipófise (hipófise posterior).



→ Adeno-Hipófise: produz hormônios tróficos, que influenciam na função de outras glândulas endócrinas. Seus principais hormônios são:

- Hormônio Somatotrófico ou hormônio do Crescimento Humano (GH): Aumenta a síntese proteica das células como um todo. Estimula o crescimento das cartilagens e ossos. Sua hipofunção determina o nanismo hipofisário (baixa estatura) e sua hiperfunção pode determinar o gigantismo (quando ocorre desde a infância) ou a acromegalia (aumento das extremidades ósseas quando ocorre no adulto).
- Hormônio Tireotrófico (TSH): determina a liberação dos hormônios iodados da tireoide.
- Hormônio Adrenocorticotrófico (ACTH): estimula no córtex da glândula adrenal, sendo liberado em baixas concentrações de glicose no sangue ou em estresse físico.
- Gonadotróficos: Hormônio Folículo Estimulante (FSH) e Luteinizante (LH): O FSH promove a maturação do folículo ovariano (mulher) e a espermatogênese (homem). O LH promove, dentre outras funções, a produção de progesterona (mulher) e testosterona (homem).

- Prolactina: Juntamente com outros hormônios irá determinar a produção de leite - lactogênese.

→ Neuro-Hipófise: A neuro-hipófise ao contrário da adeno-hipófise não apresenta a função de produzir hormônios; ela apenas irá armazenar e secretar os hormônios hipotalâmicos ADH e ocitocina.

- ADH: aumenta a reabsorção de água nos néfrons (rins)
- Ocitocina: Determina a contração uterina no momento do parto e a ejeção de leite.

- **Epífise ou pineal:**

Localizada próximo à hipófise, produz o hormônio melatonina em situação de baixa luminosidade. Este hormônio abaixa nosso metabolismo e promove sonolência. Em outros animais este hormônio pode promover a migração (aves) ou o sono hibernar (ursos). Hormônio muito importante na determinação de nosso ritmo biológico (circadiano).



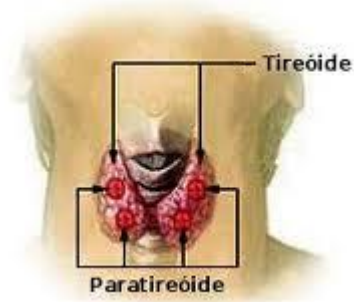
Sono e migração de aves são controlados pela melatonina

- **Tireoide:**

Glândula em formato de “H” localizada em frente à traqueia. Produz como principais hormônios:

→ Tri-iodotironina (T₃) e tetra-iodotironina ou tiroxina (T₄): Aumento do metabolismo basal por aumentar o número e atividade mitocondrial. Durante a vida a produção destes hormônios pode tornar-se anormal ocasionando as seguintes disfunções:

- Cretinismo – hipofunção na criança, promove retardamento mental irreversível e retardo no crescimento.
- Bócio Endêmico ou mixedema: determinado pelo baixo consumo de iodo na alimentação impossibilitando a formação de T₃ e T₄. Como não há “feedback” e o TSH permanece em níveis elevados, a Tireoglobulina continua sendo produzida contribuindo para o aumento do volume da glândula caracterizando a “papeira”. Outros sintomas são a obesidade, cansaço e sonolência.
- Bócio exoftálmico: causado por uma elevada secreção de T₃ e T₄ (hipertireoidismo), evidenciando-se perda do peso, intolerância ao calor, aumento da excitabilidade, da sudorese, nervosismo e distúrbios psíquicos. A protusão do olho (exoftalmia) pode gerar estiramento do nervo ótico causando cegueira.

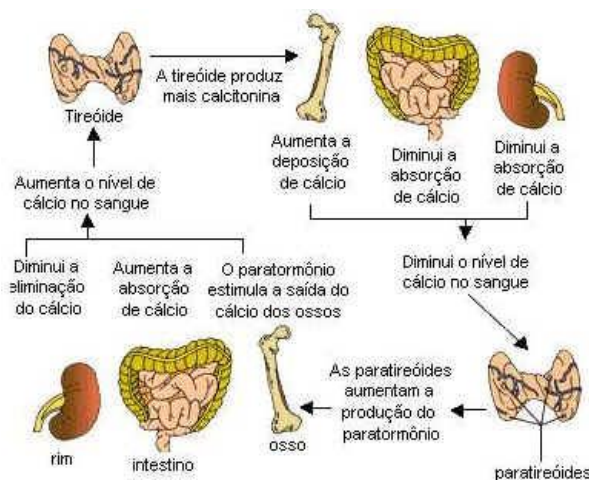


O controle dos níveis sanguíneos de cálcio está submetido à ação de dois hormônios: o paratormônio, produzido pelas paratireoides, e a calcitonina – produzido pela tireoide.

- **Paratireoides:**

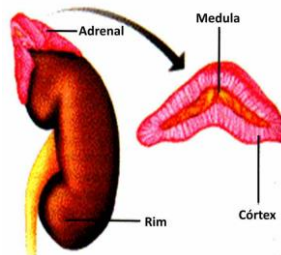
Localizadas aderidas à tireoide seu principal hormônio é o paratormônio.

A ação da calcitonina e do paratormônio é antagônica. Em situação de hipercalcemia (excesso de cálcio no sangue) a calcitonina ativa os osteoblastos que aumentam a fixação de cálcio nos ossos. Em situação de hipocalcemia (pouco cálcio no sangue), o paratormônio aumenta a absorção de cálcio pelo organismo e ativa os osteoclastos, células responsáveis pela desmineralização óssea, que passam a retirar o cálcio dos ossos ao sangue.



- **Suprarrenais ou adrenais:**

Localizadas sobre os rins possuem duas regiões claramente distintas – o córtex e a medula.



Em seu córtex ocorre a produção de:

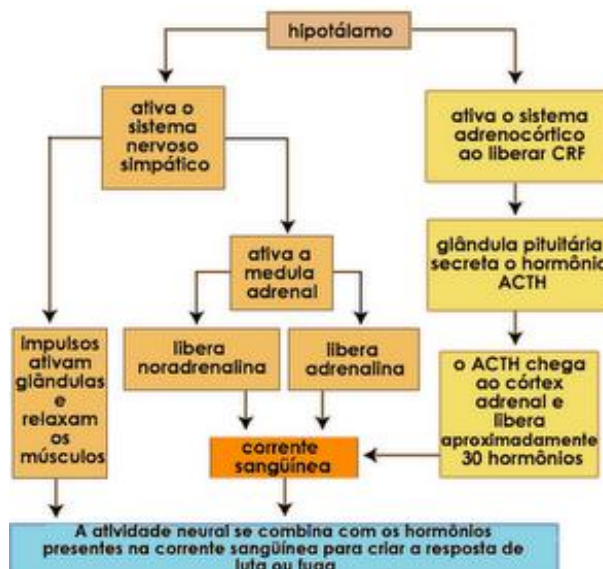
→ Mineralocorticoides: controlam a concentração de sais minerais, a aldosterona é o principal efector.

→ Glicocorticoides: hormônios como o cortisol e a cortisona, que atuam de forma anti-inflamatória, hiperglicêmica e em resposta ao stress.

→ Androgênios: nos homens a secreção pela suprarrenal é tão baixa, que se torna insignificante perante a testosterona produzida nos testículos. Nas mulheres, os andrógenos serão responsáveis pelo libido.

Na medula das suprarrenais são produzidas a adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina), sendo tais hormônios responsáveis por produzir uma resposta de “luta-ou-fuga”, auxiliando na resistência ao stress. Algumas respostas fisiológicas promovidas pela adrenalina e noradrenalina são:

- Aumentam a pressão sanguínea pelo aumento da frequência cardíaca e por vasoconstrição;
- Aumentam a frequência respiratória por dilatação das vias;
- Reduzem a taxa digestiva;
- Aumentam a eficiência muscular, por aumentar o fluxo sanguíneo local e os níveis de glicose.



Reação de luta-ou-fuga promovida pela adrenalina/noradrenalina

• Pâncreas:

O pâncreas é uma glândula classificada como mista ou anfícina, por apresentar uma fração exócrina, responsável pela síntese de enzimas digestivas, e uma endócrina, responsável pela produção de hormônios que controlam os níveis de glicose no sangue.

Produz dois hormônios antagonísticos – o glucagon, hormônio produzido pelas células α das ilhotas de Langerhans, que aumenta a glicogenólise hepática favorecendo a liberação de glicose ao sangue (hiperglicemia) e a insulina, produzida nas células B das ilhotas, que aumenta a absorção de glicose pelas células promovendo a hipoglicemia. A ação conjunta destes hormônios promove a homeostase.

Algumas disfunções importantes são:

→ Diabete Melito Tipo I: Caracteriza o indivíduo insulino-dependente, ou seja, que é incapaz de produzir a insulina, ou produz em quantidades muito pequenas.

→ Diabete Melito Tipo II: Caracteriza o indivíduo não-insulino-dependente, ou seja, que é capaz de produzir o hormônio, porém apresenta uma menor produção dos receptores.



Detalhe da porção endócrina do pâncreas e exames rápidos de glicemia – importantes para o monitoramento da glicemia em indivíduos diabéticos.

- **Gônadas:**

Testículos e ovários são os responsáveis pela produção dos esteroides sexuais. No homem a testosterona promove a manifestação de características sexuais primárias e secundárias (ex.: barba, mudanças na voz) e na mulher o estrogênio e a progesterona atuam em conjunto na manifestação das características sexuais femininas.

4. SISTEMA NERVOSO

O relacionamento do organismo com o ambiente e a coordenação do trabalho dos diversos órgãos internos ficam a cargo de dois importantes sistemas: o nervoso e o hormonal. A coordenação nervosa envolve a participação das células nervosas, os chamados neurônios que diferentemente dos hormônios permitem uma resposta rápida a estímulos do meio e internos. A evolução deste sistema foi fundamental à irradiação adaptativa dos animais uma vez que permite um melhor locomoção e órgãos dos sentidos mais eficazes – características importantes para organismos heterotróficos.

Nosso sistema nervoso pode ser dividido anatomicamente em sistema nervoso central e periférico, e fisiologicamente em somático e autônomo.

- **Sistema nervoso central (SNC):**

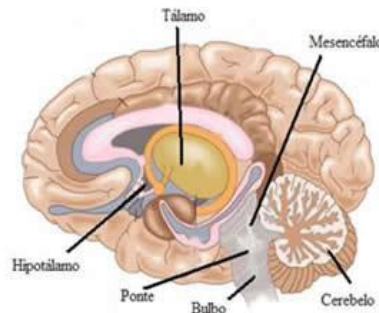
Nos vertebrados notamos o sistema nervoso central composto pelo encéfalo e pela medula espinhal, dos quais se irradiam nervos que podem perceber estímulos e propagar respostas até os órgãos efetores.

Como estas regiões concentram os centros coordenadores e são fundamentais a nossa sobrevivência, elas são extremamente protegidas por camadas conjuntivas (meninges), pelo líquido cefalorraquidiano (líquor) e pela proteção óssea (crânio e coluna vertebral).

O encéfalo trata-se de um dos maiores órgãos do corpo, pesando cerca de 1300g, sendo composto aproximadamente por 100 bilhões de neurônios, e outros bilhões de células gliais.

Ao longo do desenvolvimento do embrião o tubo neural origina diversas dilatações que se diferenciam em diferentes estruturas encefálicas. São elas:

→ Telencéfalo: Maior dilatação. Origina o cérebro, formado por dois hemisférios que controlam lados opostos do corpo (ex.: hemisfério esquerdo controla nosso lado direito). Apresenta a maior parte dos centros coordenadores (ex.: fala, memória, motor voluntário, visão, audição etc.)



→ Diencefalo: Origina o tálamo, hipotálamo e amígdalas. Áreas associadas ao controle da fome, sede, prazer etc.

→ Mesencéfalo: Origina o cérebro-médio, área que não apresenta centros coordenadores mas possui intensa passagem de fibras nervosas.

→ Metencéfalo: Forma o cerebelo, área de grande importância no controle do automatismo muscular e do equilíbrio corpóreo.

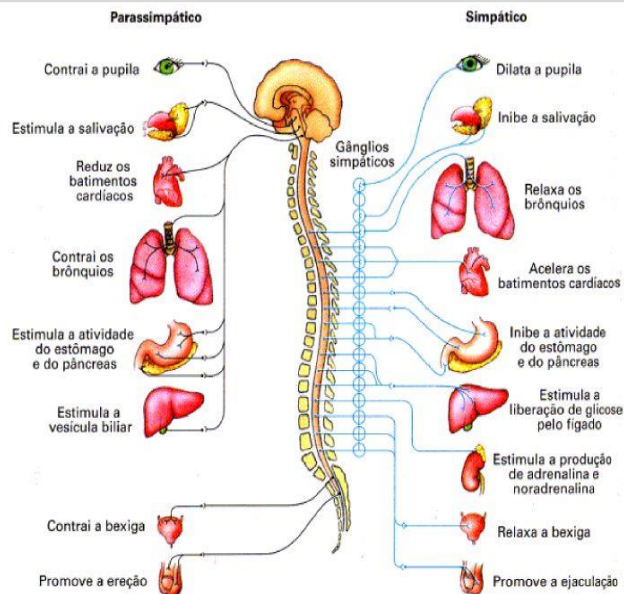
→ Mielencefalo: Forma o bulbo encefálico, local de saída de todos os nervos cranianos e comunicação com a medula espinhal. Coordena o ritmo cardíaco, respiratório e o peristaltismo.

- **Sistema nervoso periférico (SNP):**

Formado pelos nervos cranianos (12 pares) e raquidianos (21 pares). Os nervos raquidianos sempre entram na região dorsal da medula e saem da medula espinhal pela sua região ventral.

- **Sistema nervoso autônomo (SNA):**

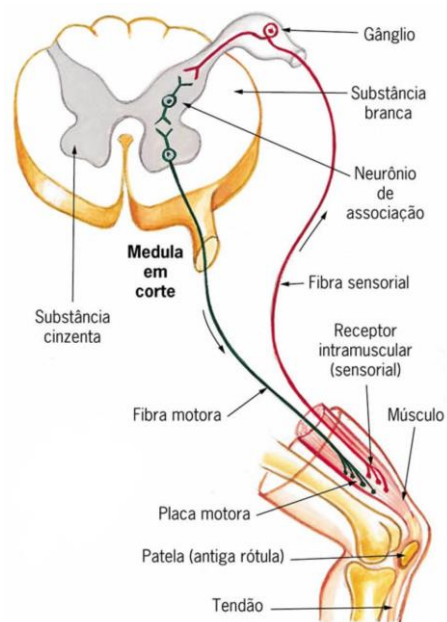
O sistema nervoso autônomo é aquele que “trabalha por conta própria”, de forma involuntária, controlando nossas glândulas, músculos lisos e coração. Pode ser dividido em duas vias antagônicas – a simpática (que libera a adrenalina/noradrenalina como neurotransmissores) e a parassimpática (que possui a acetil-colina como neurotransmissor). Observe a figura abaixo que demonstra este antagonismo:



- Sistema nervoso somático (SNS):

Sistema na maioria das vezes voluntário que controla a musculatura estriada esquelética. Seu neurotransmissor é a acetil-colina.

Em determinadas situações, o organismo promove respostas rápidas e involuntárias (ato reflexo), com o objetivo de se evitar um grande dano. Para que seja gerado um ato-reflexo são fundamentais as estruturas do arco-reflexo, sendo estas identificadas na figura a seguir:

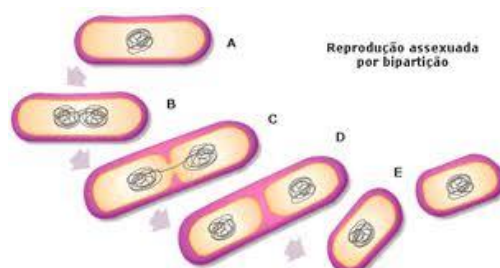


5. SISTEMA REPRODUTOR

A capacidade de perpetuar uma espécie no meio é uma característica geral de todo e qualquer ser vivo, e quando analisada no aspecto molecular, pode ser considerada como um simples mecanismo de transferência gênica a gerações futuras.

Existem várias formas de reprodução sendo estas classificadas em termos gerais em reprodução assexuada e sexuada.

→ Reprodução assexuada ou agâmica: Não apresenta a participação de gametas. Na grande maioria dos casos, a única possibilidade de uma população apresentar variabilidade genética é através de mutações, alterações aleatórias na composição dos genes. Suas vantagens seriam uma maior velocidade e um menor custo energético do que a reprodução sexuada.

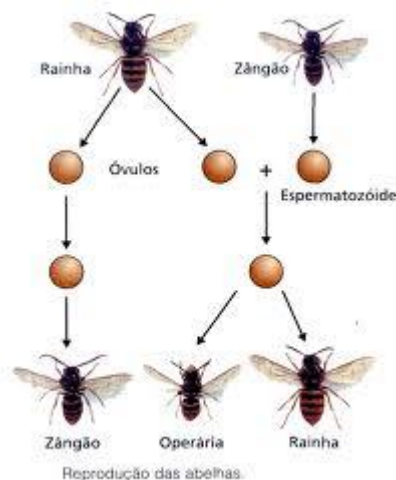


A maior parte dos microrganismos reproduz-se assexuadamente

→ Reprodução sexuada ou gâmica: Envolve o encontro de gametas e/ou a troca de material genético. A grande vantagem da reprodução sexuada é a grande variabilidade genética do grupo populacional, havendo chance aumentada de sobrevivência nos ambientes que apresentam grandes variações climáticas.

Obs.: Partenogênese

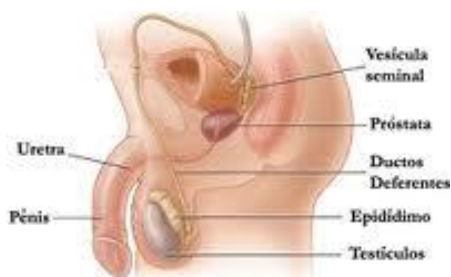
Nesta reprodução ocorre o desenvolvimento de óvulos não fecundados que podem gerar novos indivíduos haploides. Ocorre em insetos sociais e em algumas espécies de peixes, anfíbios e répteis. O exemplo mais conhecido é o das abelhas em que a partenogênese sempre origina machos, enquanto que a reprodução sexuada caracteriza a formação de fêmeas, que somente desenvolvem seu aparelho reprodutor se forem alimentadas com geleia real.



Apresentaremos a seguir as características anatômicas e fisiológicas do sistema reprodutor humano.

- **Aparelho reprodutor masculino:**

O aparelho reprodutor masculino é composto pela bolsa escrotal, testículos, os ductos, as glândulas que irão produzir a maior parte da composição do sêmen e o pênis. A figura abaixo caracteriza a anatomia do mesmo.



→ Testículos: são glândulas localizadas no interior da bolsa escrotal, que além de produzir hormônios androgênicos, irão atuar diretamente sobre a produção de espermatozoides.

→ Ductos dos testículos: os espermatozoides são produzidos a partir do epitélio dos túbulos seminíferos, que os levam até uma série de ductos chamados de rede do testículo, que pode apresentar cílios que auxiliam na movimentação dos gametas. Seguindo o fluxo natural, os mesmos são encaminhados para fora dos testículos chegando ao epidídimo.

→ Epidídimo: local onde a motilidade dos espermatozoides é aumentada, além de ter a função de armazenamento até que possam ser expelidos ou reabsorvidos. À medida que o ducto do epidídimo aumenta de diâmetro, passa a ser chamado de ducto deferente, um canal que retém os espermatozoides até a ejaculação.

Obs.: A vasectomia é um procedimento contraceptivo que consiste em cortar os ductos deferentes, impedindo que os espermatozoides sejam acrescentados ao sêmen. Vale ressaltar que a ejaculação ou a potência sexual não são afetadas pelo procedimento cirúrgico uma vez que não é alterada a produção de testosterona.

→ Uretra: a uretra é uma via comum ao aparelho reprodutor e excretor, e representa uma comunicação com o meio externo.

→ Glândulas sexuais acessórias: vinculadas ao sistema reprodutor encontrar glândulas acessórias que irão produzir a maior parte fluida do sêmen humano. Deste conjunto fazem parte as glândulas seminais (produzem líquido seminal que nutre os espermatozoides durante seu trajeto no organismo da mulher), próstata (produz o líquido prostático alcalino que neutraliza a acidez da vagina) e glândulas bulbouretrais (que lubrificam o pênis antes e durante a cópula).

→ Pênis: o pênis representa o órgão copulatório, tendo por finalidade lançar o sêmen na genitália feminina. Este é formado por duas massas de tecido erétil, os corpos cavernosos localizados na

região dorsal, e o corpo esponjoso na região ventral. Na extremidade distal do corpo esponjoso, recoberta pelo prepúcio, se encontra a glânde peniana, onde se faz presente a abertura da uretra. A ereção nada mais é do que a vasodilatação da artéria peniana em que a maior chegada de sangue – que extravasa aos corpos cavernosos e esponjoso, promove o enrijecimento peniano.

- **Aparelho reprodutor feminino:**

Composto pelos ovários, órgão que retém ovócitos II produzidos ainda na idade fetal e produz os hormônios femininos (estrogênio e progesterona), pelas tubas uterinas (de Falópio) que direcionam o gameta feminino para o interior do útero, pelo próprio útero, pela vagina (genitália interna) e pela vulva (genitália externa).



→ Ovários: são órgãos formados a partir do mesmo tecido embrionário que compõe os testículos.

→ Tubas uterinas: sua localização permite que os ovócitos sejam coletados para o interior do útero. Normalmente é em seu terço superior que ocorre a fecundação. O batimento ciliar de seu epitélio e o peristaltismo contribuem para o transporte do ovócito/embrião ao útero.

→ Útero: representa o local onde o embrião é implantado iniciando assim o desenvolvimento fetal. Três camadas de tecidos podem ser evidenciadas neste órgão: o perimétrio, revestimento externo no qual se inserem os ligamentos que mantém o mesmo posicionado, o miométrio, uma camada muscular que auxilia no trabalho de parto, e o endométrio, parte interna do útero que garante a nutrição do embrião em desenvolvimento (caso não ocorra a fertilização, o mesmo é descamado durante a menstruação).

→ Vagina: Canal responsável pela penetração (cópula), parto e saída do fluxo menstrual.

→ Vulva: similar ao escroto masculino. Os pequenos lábios, assim como os grandes lábios, apresentam glândulas sudoríparas, além de inúmeras glândulas sebáceas. O clitóris é uma massa de tecido erétil, amplamente inervada, coberta pelo prepúcio, sendo homóloga a glânde peniana. Tal estrutura é responsável pela estimulação sexual. Entre os lábios menores encontramos o hímen (quando presente), a abertura da vagina (óstio vaginal) e a abertura da uretra (óstio externo da uretra), que apresenta glândulas responsáveis pela secreção de muco durante a excitação sexual (glândulas de Bartholin).

- **Controle do ciclo menstrual:**

O ciclo reprodutivo feminino é composto pelo ciclo menstrual, que se refere a uma série de mudanças que ocorrem na parede endometrial da mulher não-grávida com o objetivo de criar um ambiente propício para o desenvolvimento fetal, se não ocorrer a fertilização o endométrio espessado descama; e pelo ciclo uterino, que ocorre de forma sincronizada com a proliferação do endométrio, e permite que um ovócito II seja liberado a cada mês.

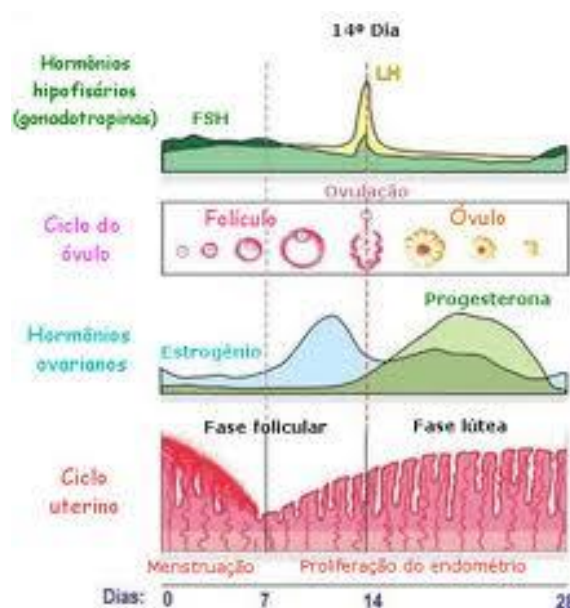
O FSH quando secretado dá início ao ciclo ovariano estimulando a maturação do folículo primário até que este alcance o maior grau de desenvolvimento (folículo maduro ou de Graaf). Em um ciclo de 28 dias, por volta do 14º dia é evidente o pico de secreção de LH, fato que define o surto ovulatório, permitindo que o ovócito II seja liberado e o corpo lúteo seja formado.

O maior grau de desenvolvimento do folículo ovariano permite que os níveis de estrogênio aumentem pela elevada capacidade de síntese por parte do mesmo. Este hormônio irá iniciar a fase proliferativa do endométrio, iniciando uma série de alterações no útero que irão viabilizar a implantação do embrião, havendo destaque para o intenso processo de vascularização. Com a ovulação e formação do corpo lúteo, tem-se início a fase secretora, também conhecida como fase progestacional, onde a progesterona passa a ter nível aumentado no tecido sanguíneo juntamente com o estrogênio.

O nível elevado de progesterona inibe o FSH e o LH impedindo que ocorram novas ovulações. Sem o LH, a manutenção do corpo lúteo é comprometida.

Caso não haja a fertilização, cerca de dois dias antes do ciclo se completar, o corpo lúteo degenera. Desta forma, os níveis de estrogênio e progesterona caem bruscamente, havendo uma involução do endométrio seguida de necrose pelo espasmo dos vasos que haviam se estabelecido, impedindo o aporte de nutrientes. Assim, ocorre o sangramento e um novo ciclo tem início.

A figura abaixo resume estas alterações:



Obs.: Caso ocorra a fertilização, o córion inicia a produção de gonadotrofina coriônica (β -hCG) que irá manter os níveis elevados de estrogênio e progesterona, impedindo que o endométrio descame, permitindo que a gravidez seja mantida. No terceiro mês a placenta está completamente formada e é responsável por manter o elevado nível dos hormônios.

- **Métodos contraceptivos:**

São listados abaixo os principais métodos anticoncepcionais.



Na figura observa-se a camisinha e a pílula (acima), o DIU e o diafragma (abaixo).

→ Coito interrompido: consiste em remover o pênis da vagina pouco antes de ejacular. Trata-se de um método pouco eficiente, pois o procedimento pode não ser feito no tempo desejado.

→ Tabelinha: consiste em identificar o período fértil feminino evitando a cópula. Em um ciclo de 28 dias a ovulação ocorre geralmente no 14º dia, e como os espermatozoides e o ovócito II apresentam certa viabilidade deve-se evitar relações sexuais 3 dias antes e 3 depois da data prevista. Logo, o período fértil estaria entre 11º e o 17º dia do ciclo. Este método também apresenta grande risco à concepção, pois erros de cálculo são possíveis, além da irregularidade do ciclo menstrual em algumas mulheres.

→ Camisinha ou preservativo: atua como uma espécie de “luva” que interrompe o fluxo de espermatozoides para o canal vaginal. Quando empregado corretamente pode ser considerado um bom método contraceptivo, além de evitar a contaminação por doenças sexualmente transmissíveis.

→ Diafragma vaginal: é uma espécie de tampão inserido no interior da vagina, que impede o fluxo de espermatozoides. Geralmente é aplicado um gel espermicida para aumentar sua eficácia.

→ Dispositivo intrauterino (DIU): o DIU é um dispositivo que é inserido no interior do útero, determinando uma reação inflamatória que impede a fertilização, ou a implantação do embrião caso o ovócito II tenha sido fecundado. Trata-se de um bom método contraceptivo, mas trás o inconveniente de cólicas mais acentuadas e sangramentos mais intensos.

→ Laqueadura tubária: consiste em interromper a passagem do ovócito II para o interior do útero, podendo o processo ser feito por diversas maneiras.

→ Pílulas anticoncepcionais, injeções, adesivos e microcápsulas: uso de estrogênio e progesterona inibindo assim a ovulação. Método bastante eficaz, porém pode trazer alterações fisiológicas na mulher (ex.: inchaço, irritação, perda da libido).

→ Anticoncepção oral de emergência (“pílula do dia seguinte”): este medicamento é composto por concentrações elevadas de estrogênio e progesterona sintéticos, ou somente por progesterona. O mesmo deve ser tomado com orientação médica, e possui grande eficácia quando administrado momentos depois da relação sexual. Seu mecanismo de ação ainda não foi descrito, mas é conhecido que o mesmo não interrompe a gravidez se o embrião já estiver implantado no útero. Outro aspecto negativo é o fato de não prevenir o contágio por doenças sexualmente transmissíveis.