

Biologia 6
Ecologia, Origem da
Vida e Evolução

Pré-Vestibular

Teoria e Exercícios Propostos



www.editora.coc.com.br

Editora COC – Empreendimentos Culturais Ltda.
R. Deolinda, 70, esq. com a Av. Franc. Junqueira
Tel.: (16) 3603.9500 – CEP 14091-018
Jardim Macedo – Ribeirão Preto – SP



Capítulo 01. Ecossistemas

1. Ecologia	9
2. Níveis de Organização	9
2.1. População	9
2.2. Comunidade	10
2.3. Ecossistema	12
3. Biosfera	12
4. Hábitat	13
5. Nicho Ecológico	15
6. Níveis Tróficos	16
7. Cadeia Alimentar	17
8. Teias ou Redes Alimentares	17
9. Pirâmides Ecológicas	18
9.1. Introdução	18
9.2. Pirâmide de Número	18
9.3. Pirâmide de Biomassa	19
9.4. Pirâmide de Energia	19

Capítulo 02. Ciclos Biogeoquímicos

1. Definição	21
2. Ciclo da Água	21
3. Ciclo do Carbono e do Oxigênio	22
4. Ciclo do Nitrogênio	23

Capítulo 03. Comunidades

1. Relações Ecológicas	26
2. Relações Intra-específicas Harmônicas	26
2.1. Sociedade	26
2.2. Colônia	27
3. Relações Intra-específicas Desarmônicas	27
3.1. Canibalismo	27
3.2. Competição Intra-específica	28
4. Relações Interespecíficas Harmônicas	28
4.1. Tipos	28
4.2. Mutualismo	29
4.3. Protocooperação	31
4.4. Inquilinismo	32
4.5. Epifitismo	32
4.6. Comensalismo	33

Índice.biologia 6

5. Relações Interespecíficas Desarmônicas	33
5.1. Amensalismo	33
5.2. Predatismo	33
5.3. Parasitismo	34
5.4. Competição Interspecífica	35
5.5. Simbiose	36
6. Comunidades Aquáticas	36
7. Fatores Abióticos	36
7.1. Luz	36
7.2. Temperatura	38
7.3. Água	38
7.4. Salinidade	38
8. Sucessão Ecológica	39
9. Estágios de uma Sucessão Ecológica	39

Capítulo 04. Populações

1. Definição	41
2. Análise Quantitativa	41
2.1. Densidade Populacional	41
2.2. Taxa de Natalidade (N)	41
2.3. Taxa de Mortalidade (M)	41
2.4. Imigração e Emigração	41
3. Potencial Biótico	42
4. Crescimento Populacional	43
5. Controle Populacional	44
6. Controle Biológico	45

Capítulo 05. Desequilíbrios Ambientais

1. Introdução	46
2. Poluição do Ar	46
3. Poluição da Água e do Solo	49
3.1. Metais Pesados	49
3.2. Petróleo	50
3.3. Agrotóxicos e Magnificação Trófica	50
3.4. Eutrofização	51
3.5. Radioatividade	51

índice.biologia 6

Capítulo 06. Origem da Vida

1. Introdução	52
2. Geração Espontânea ou Abiogênese	52
3. Abiogênese X Biogênese	53
3.1. A Experiência de Redi	53
3.2. As Idéias de Needham e Spallanzani	53
3.3. A Experiência de Louis Pasteur	55
4. As Idéias de Oparin	56
5. A Experiência de Miller	57
6. A Energia para a Vida	58
7. A Origem da Célula	58

Capítulo 07. Evolução

1. Adaptação	60
2. Criacionismo X Evolucionismo	60
3. Evidências de Evolução	60
3.1. Fósseis	61
3.2. Semelhanças e Parentesco	62
3.3. Órgãos Vestigiais	63
4. Lamarckismo	63
4.1. Lei do Uso e Desuso	63
4.2. Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos	63
5. Darwinismo	64
6. Darwin X Lamarck	65
7. Neodarwinismo	66
8. Processos Evolutivos	66
8.1. Mariposas na Inglaterra	66
8.2. Insetos e Inseticidas	67
8.3. Bactérias e Antibióticos	68
8.4. Conclusão	68
9. Especiação	69
10. Irradiação e Convergência	71
10.1. Irradiação Adaptativa	72
10.2. Convergência Adaptativa	72
10.3. Homologia e Analogia	73



Capítulo 01. Ecossistemas

1. Ecologia

A Ecologia é a área da Biologia que estuda o ambiente nos aspectos físico, químico e biológico. Podemos também definir Ecologia como sendo o estudo das interações entre os seres vivos e destes com o ambiente.

O vocábulo “*oekologie*” (ecologia) foi criado pelo biólogo alemão, discípulo de Darwin, Ernst Haeckel, em 1866, para designar a **ciência das relações do organismo com o meio ambiente**.

A Ecologia como um campo específico do conhecimento humano, isto é, um ramo das Ciências Biológicas (Biologia), iniciou-se por volta de 1900.

Em 1957, o biólogo americano Eugene Pleasants Odum definiu a Ecologia como o **estudo da estrutura e da função da natureza**.

Entre 1968 e 1970 é que a Ecologia passou a ser uma questão da consciência humana sobre o ambiente. A demonstração máxima da preocupação mundial com o meio ambiente, tanto pela comunidade científica como pela política, ocorreu em junho de 1992, no Rio de Janeiro, durante a ECO-92. Problemas cujas soluções e responsabilidades são polêmicas foram discutidos nessa reunião, tais como **biodiversidade, emissão de CO₂ pelos países industrializados e conservação de florestas tropicais. A Carta da Terra e o Planejamento do Século XXI** foram elaborados durante a ECO-92.

O termo Ecologia é cada vez mais utilizado pelas pessoas nas diferentes áreas de conhecimento, no cotidiano, em movimentos de preservação da natureza e por partidos políticos. É divulgado em jornais, revistas, televisão, chamando para a conscientização da importância da manutenção do ambiente, como sendo fundamental para a preservação da própria vida no planeta Terra.

Para entendermos melhor o significado da abrangência do termo Ecologia, precisamos de vários conceitos que são definidos e estudados no item denominado “Níveis de Organização”.

2. Níveis de Organização

Os diferentes níveis de organização dos sistemas vivos compreendem um arranjo numa série graduada de complexidade. Essa série foi montada com a finalidade de facilitar os estudos dos seres vivos e envolve todos os componentes vivos da natureza.

Os níveis de organização criados pelo homem compreendem: a célula, o tecido, o órgão, o sistema, o organismo, a população, a comunidade, o ecossistema e a biosfera. A complexidade da série aumenta da célula para a biosfera.

Ciências Biológicas, como Citologia, Histologia e Ecologia, por exemplo, estudam diferentes níveis de organização: a Citologia, o nível de organização da célula; a Histologia, o do tecido; e a Ecologia, os seguintes: a população, a comunidade, o ecossistema e a biosfera. Cada nível de organização que compõe a Ecologia compreende uma **área de estudos da Ecologia**.

Níveis de organização dos sistemas vivos em ordem crescente de complexidade:

1. célula - 2. tecido - 3. órgão - 4. sistema -
5. organismo - 6. população - 7. comunidade - 8. ecossistema - 9. biosfera

2.1. População

É o conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem numa mesma área, num certo tempo. Os indivíduos que pertencem a uma mesma espécie são intercruzáveis, com capacidade de deixarem descendentes férteis.

Podemos lembrar a população de seres humanos numa cidade, de roseiras num jardim ou de caprinos em um campo de pastagem. No conceito de população, é importante relacionar a espécie, o espaço e o tempo.



As figuras mostram três populações distintas.

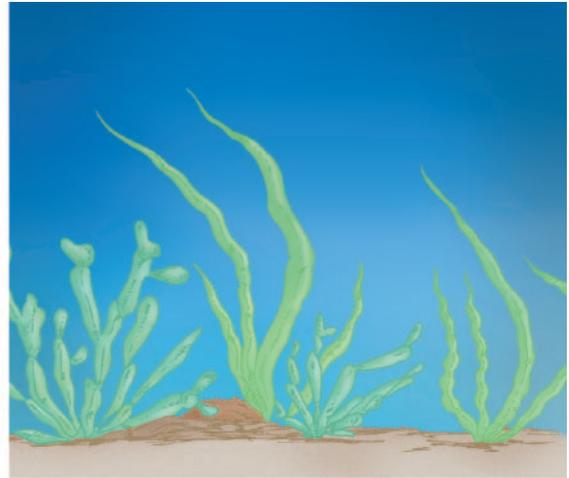
2.2. Comunidade

Comunidade biológica é o conjunto de populações que vivem em uma certa área, num certo tempo. Corresponde ao conjunto de todos os seres vivos presentes numa certa área.

Os seres que fazem parte da comunidade são classificados de acordo com o modo de alimentação ou capacidade de produção de alimentos. Os **produtores** estão representados pelos vegetais e pelas algas, pois são organismos que realizam fotossíntese, isto é, transformam a energia luminosa em energia química (glicose) e, por isso, são chamados de **autótrofos**.



Produtor: vegetal



Produtor: algas

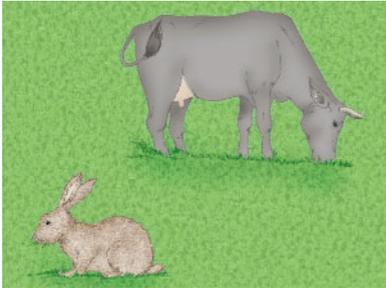
Os **consumidores** estão representados pelos animais, que podem ser herbívoros, carnívoros ou onívoros. São organismos heterótrofos, pois não são auto-suficientes em termos alimentares, isto é, dependem direta ou indiretamente de um produtor para se alimentarem.

Os **herbívoros**, como gafanhoto, vaca, coelho, entre outros, são denominados consumidores primários, por alimentarem-se diretamente dos produtores.

Os **carnívoros**, como o gavião, o leão e o lobo, podem ser consumidores secundários, terciários e assim por diante, de acordo com sua fonte de alimento. Os carnívoros alimentam-se de outros animais.



Os **onívoros** são os animais que apresentam uma dieta bastante variável, alimentando-se de carne, leite, ovos, legumes, verduras, frutos, sementes, etc. Um bom exemplo de onívoro é o ser humano, que pode ocupar vários **níveis tróficos** nas cadeias alimentares, de acordo com sua fonte de alimentação.



Herbívoros



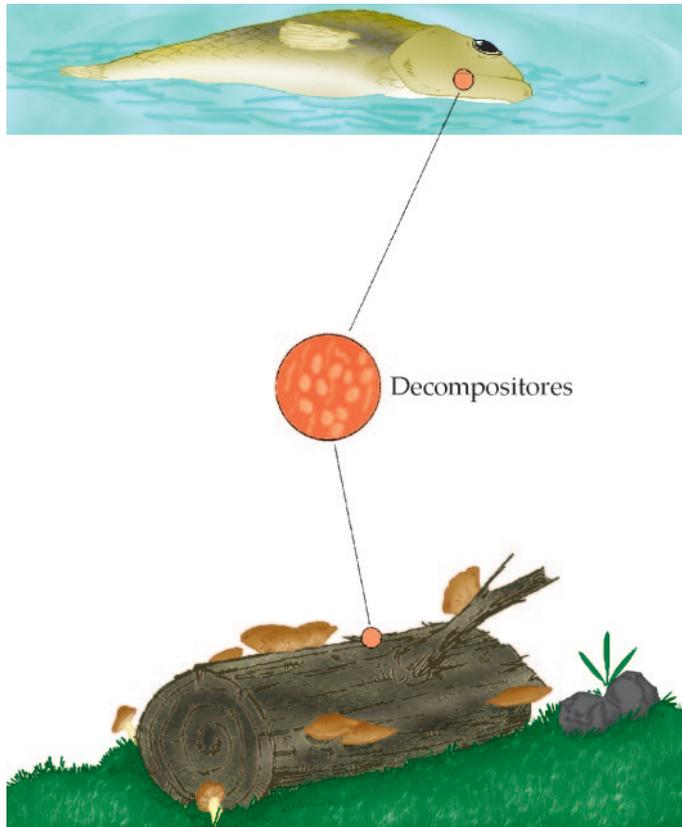
Carnívoro



Onívoro

Os **decompositores** são os microrganismos, como fungos e bactérias, que realizam a decomposição da matéria morta, permitindo a sua reutilização na forma de água, gás carbônico, amônia, etc.

Como os decompositores atuam sobre os diferentes tipos de matéria orgânica, podem ocupar diferentes níveis alimentares (tróficos).



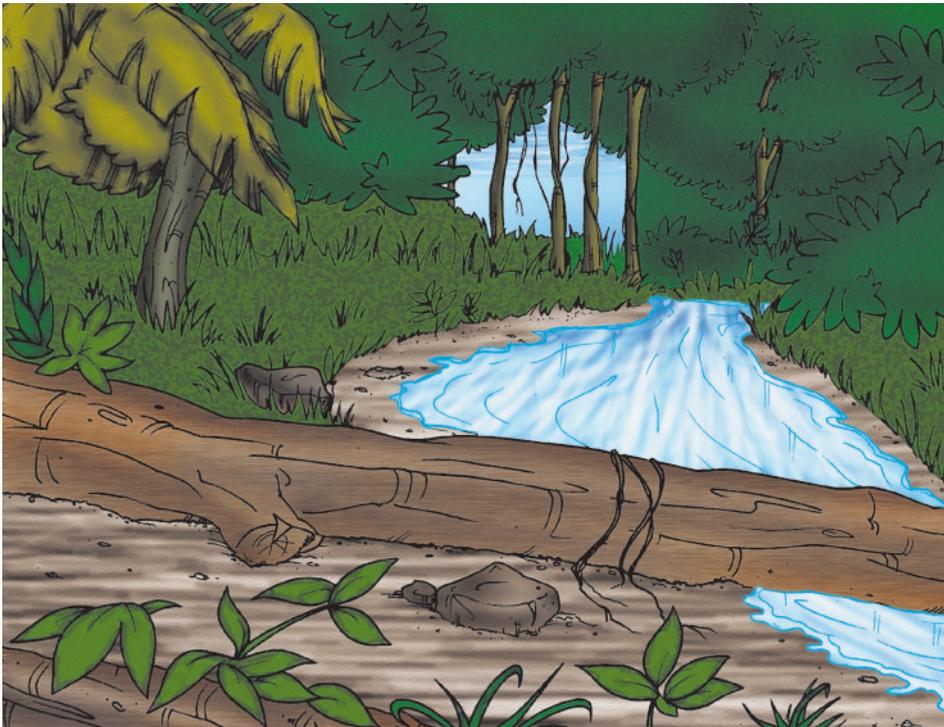
Os decompositores permitem a reciclagem da matéria morta

2.3. Ecossistema

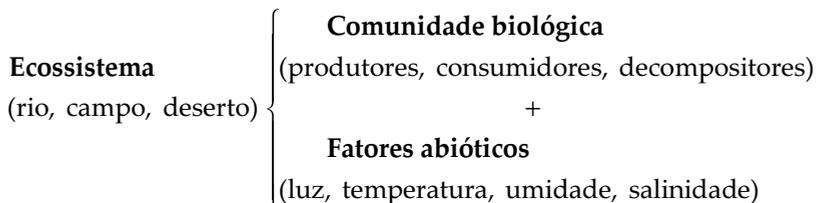
É formado pela interação da comunidade biológica (seres vivos) com os fatores ambientais (abióticos), como a água, luz, calor, umidade, salinidade, pH e assim por diante. Esses fatores ambientais determinam as formas de vida que podem sobreviver num determinado ambiente. São chamados fatores de seleção natural nos ecossistemas.

Os ecossistemas do planeta Terra estão representados por rios, lagos, oceanos, desertos, campos, florestas, manguezais, cerrados e assim por diante.

Nos ecossistemas, existe auto-suficiência em termos energéticos e a reciclagem contínua da matéria pela ação dos decompositores.



Um ecossistema natural



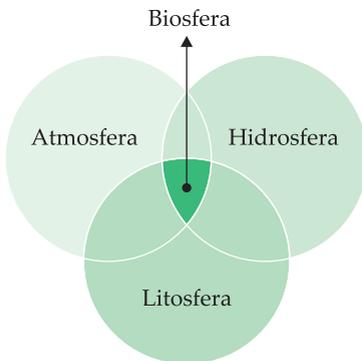
3. Biosfera

A partir de 1522, quando Carlos V entregou um globo terrestre de ouro para o navegador Sebastián del Cano, que havia contornado a Terra, provando ser redonda, as grandes camadas que envolviam o planeta receberam uma designação em *-sfera*, em alusão à forma esférica da Terra. Em 1665, foi criado o termo *atmosfera* (parte gasosa da Terra) e, posteriormente, *litosfera* (parte mineral da Terra), *hidrosfera* (parte aquosa da Terra) e finalmente *biosfera* (parte viva da Terra).



A **biosfera** ou **ecosfera** é a “esfera da vida” da Terra. Compreende todos os lugares do nosso planeta onde há ser vivo.

Uma outra maneira de se conceituar a biosfera é por meio da relação que há entre ela e os outros componentes da Terra, como a atmosfera, hidrosfera e litosfera, de acordo com o esquema abaixo:



A biosfera é a intersecção da atmosfera com litosfera e hidrosfera.

Nota-se no esquema que a biosfera (ou ecosfera) é a intersecção formada pela atmosfera, hidrosfera e litosfera. Aliás, todo ser vivo apresenta componentes gasosos da atmosfera (como oxigênio e gás carbônico), água da hidrosfera e sais minerais (como Ca, Na, S, K e P) da litosfera.

Destaque-se que na composição do ser vivo a proporção de água é semelhante à da Terra. O nosso planeta apresenta cerca de 70% de água, e valores bem próximos são encontrados na composição química dos seres vivos. É uma demonstração de que a vida está integrada ao sistema não-vivo do nosso planeta.

Não bastam os componentes da Terra, como a atmosfera, hidrosfera e litosfera, para manter a biosfera. Ela depende fundamentalmente do Sol, que é a fonte de energia que sustenta toda a vida na Terra.

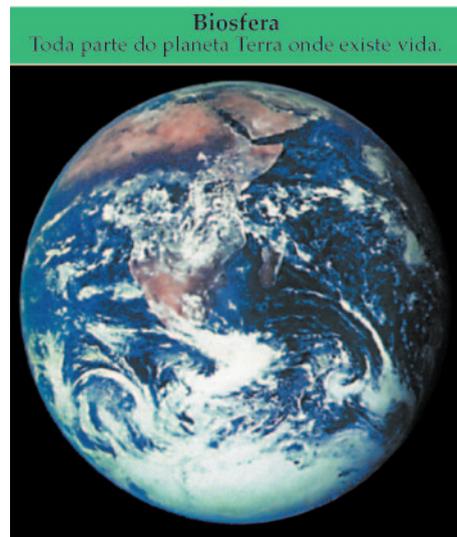
A energia luminosa solar penetra na biosfera por meio da fotossíntese, sendo armazenada nos compostos orgânicos e posterior-

mente liberada na manutenção das atividades de todos os seres vivos, sem exceção.

Depois de utilizada pelos seres vivos, a energia sai da biosfera, dissipando-se para o espaço, na forma de energia térmica (calor).

A biosfera é um grande sistema transformador de energia luminosa em energia térmica, passando por diversas formas de energia.

Assim conceituada, a biosfera é muito ampla, sendo formada pela reunião de **ecossistemas**.



Planeta Terra

4. Hábitat

Hábitat é o local em que determinada espécie vive no ecossistema. O hábitat dos pulgões é o caule das roseiras, o hábitat de uma minhoca pode ser a terra fofa de um jardim, o hábitat do tatu é a toca construída no solo e assim por diante. Qual é o seu hábitat?

Podemos generalizar dizendo que o **hábitat** de uma espécie é o seu “**endereço**”.

Várias espécies podem apresentar o mesmo hábitat, como, por exemplo, os organismos chamados planctônicos (fitoplâncton e zooplâncton), que vivem na superfície da água, como algas, larvas de crustáceos e de moluscos, entre outros.



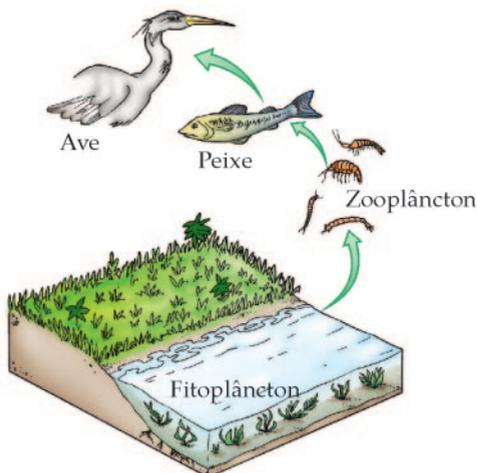
O habitat de alguns animais que vivem num jardim.

No ambiente marinho, de acordo com o habitat, podemos definir os seres vivos que pertencem ao plâncton, bentos e ao nécton.

O plâncton corresponde aos organismos sem estruturas de locomoção que são carregados pela correnteza da água. O plâncton é constituído pelo fitoplâncton e pelo zooplâncton.

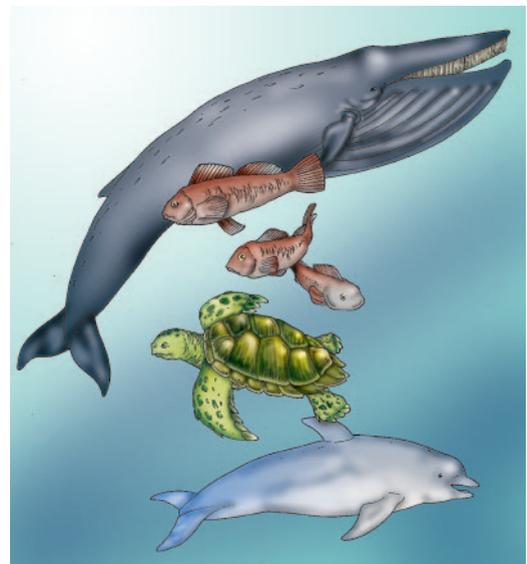
O fitoplâncton é formado pelas algas microscópicas que vivem na superfície da água, fotossintetizantes e produtoras das cadeias alimentares aquáticas.

O zooplâncton é formado por organismos microscópicos heterótrofos como microcrustáceos, protozoários, larvas de diferentes espécies, etc.



O fitoplâncton e o zooplâncton nas relações alimentares num ecossistema aquático.

O nécton corresponde aos organismos com capacidade de locomoção, que nadam livremente no ambiente aquático, como peixes, tartarugas, focas, golfinhos, baleias, entre outras.



Organismos nectônicos

Os bentos correspondem aos organismos que vivem no fundo do mar. O fitobento está representado por algas macroscópicas que se fixam em substratos rochosos a certa profundidade. Devemos lembrar a importância da luz para a fotossíntese dessas algas, fator que limita a profundidade em que podem ser encontradas.



Algas – fitobênton

O zoobento pode ser fixo, como a esponja e o lírio-do-mar (crinóide), ou móveis (errantes), como a estrela-do-mar, o polvo e o pepino-do-mar, entre outros.



Organismos bentônicos

5. Nicho Ecológico

Define-se nicho ecológico como sendo o papel biológico da espécie no ecossistema. O nicho reúne várias informações sobre a espécie, como, por exemplo, o nível trófico a que ela pertence, se é predador ou presa, se tem hábito diurno ou noturno, a época de acasalamento, de floração, de frutificação, comportamento sexual, social, etc.

Podemos fazer uma comparação e dizer que nicho ecológico de uma espécie é a sua “profissão”.

Hábitat = Endereço

Nicho = Profissão

As figuras a seguir ilustram situações em que podemos ter informações sobre o nicho ecológico de diferentes espécies.



Morcegos: vivem em cavernas



O urso polar e o cuidado com a prole



O acasalamento de anfíbios



O hábito alimentar de roedores e aves

6. Níveis Tróficos

O principal fator que mantém uma comunidade é o nutricional. Assim, das relações estabelecidas entre as populações de uma comunidade predomina a de causa alimentar, conhecida por **relação trófica** (*throphes* = nutrição).

Estruturalmente, os organismos que compõem os **fatores bióticos** do ecossistema, em função das **relações tróficas**, podem ser classificados em três tipos de **níveis tróficos** ou **alimentares**, a saber: 1º) **produtores** de alimento, 2º) **consumidores** de alimento e 3º) **decompositores** de matéria orgânica.

De modo geral, os organismos classificados como produtores são fotossintetizantes, portanto, autótrofos. Incluem-se nesse grupo os vegetais e as algas. Também podem ser classificados como produtores os organismos quimiosintetizantes como alguns tipos de bactérias.

Os autótrofos fotossintetizantes são conhecidos por **fotoautótrofos**, e os quimiosintetizantes, por **quimioautótrofos**.

Consumidores são os organismos que se alimentam de outros organismos. Todos os animais são consumidores. Os consumidores que se alimentam dos produtores são chamados de **consumidores primários** ou de **primeira ordem** ou **herbívoros**.

Os consumidores que se alimentam dos **herbívoros** são chamados de **consumidores secundários** ou de **segunda ordem** ou **carnívoros**. Os consumidores que se alimentam dos consumidores secundários são conhecidos como **consumidores terciários** ou de **terceira ordem**, e assim sucessivamente.

Os decompositores compreendem as bactérias e fungos e são também chamados **saprófitas** ou **sapróbios** ou **sapróvoros**. São eles que, ao se nutrirem de matéria orgânica de organismos mortos, das excreções e dos excrementos, provenientes dos mais diversos níveis tróficos (produtores ou consumidores), devolvem os gases para a atmosfera e os sais minerais para o solo (**remineralização**), tornando possível a reutilização desses materiais pelos produtores.

Na comunidade biótica do ecossistema, existem, em geral, várias espécies de produtores, de consumidores e de decompositores. Por definição, os produtores fazem parte do **primeiro nível trófico**, os herbívoros do **segundo nível trófico**, os consumidores secundários do **terceiro nível trófico** e assim sucessivamente. Os decompositores podem ocupar diferentes níveis tróficos de acordo com sua fonte de alimento. Os decompositores só não podem ocupar o primeiro nível trófico.

Percebe-se que, nos ecossistemas, o número de níveis tróficos varia de acordo com as cadeias alimentares estudadas.

Comunidade Biológica		Nível Trófico	
Autótrofo (produtor)		1º	
Heterótrofo	Consumidor	primário	2º
		secundário	3º
		terciário	4º
		quaternário	5º
	Decompositor		

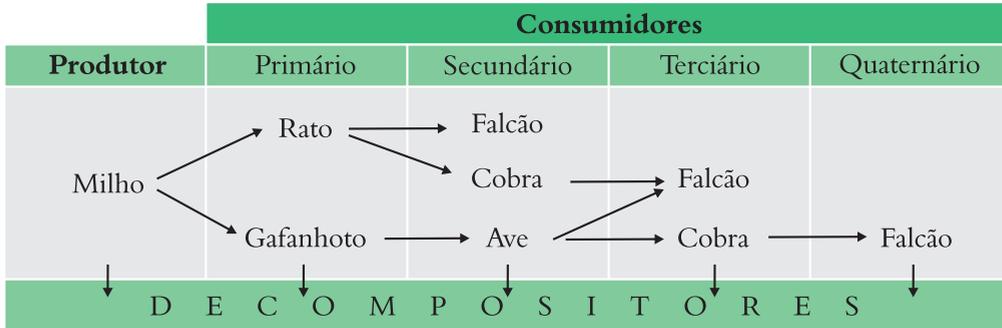
O número de níveis tróficos varia de ecossistema para ecossistema, mas os tipos de níveis tróficos são os mesmos para qualquer um deles.



Existem organismos que ocupam mais de um nível trófico, como, por exemplo, o homem, que se alimenta de herbívoros (boi, carneiro, peixes e coelho), carnívoros (cação, dourado) e de vegetais (arroz, feijão, alface, tomate e cebola). Nesse caso, em que não há especialização nos hábitos alimentares, o organismo é classificado como **onívoro** (*omni* = todos, coletivo).

7. Cadeia Alimentar

Tomando-se como exemplo vários organismos de uma **comunidade terrestre**, constituída por milho, rato, gafanhoto, cobra, ave e falcão, podemos estabelecer a seguinte transferência de alimento:



A seqüência linear de organismos em que um serve de alimento ao seguinte é denominada **cadeia alimentar**. No exemplo citado, constatamos as seguintes cadeias alimentares:

- 1ª) milho - rato - falcão
- 2ª) milho - rato - cobra - falcão
- 3ª) milho - gafanhoto - ave - falcão
- 4ª) milho - gafanhoto - ave - cobra - falcão

O conjunto de todas as cadeias alimentares de uma comunidade é denominado **teia alimentar** ou **rede alimentar**.

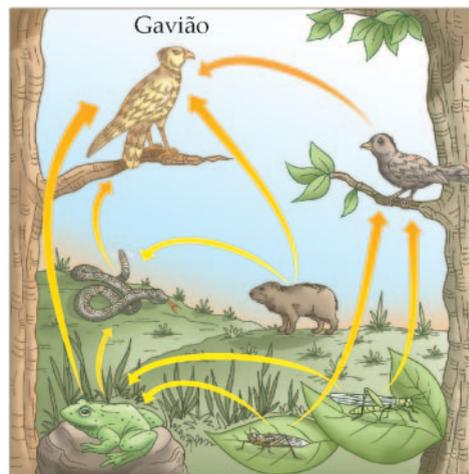
8. Teias ou Redes Alimentares

Na verdade, as relações alimentares nos ecossistemas são muito mais complexas do que as simples relações lineares de alimentação entre os seres vivos, como mostram as cadeias alimentares.

Se estudarmos todas as relações alimentares entre os seres de uma comunidade biológica num ecossistema, isto é, todas as cadeias alimentares existentes na comunidade biológica, estaremos analisando uma teia ou rede alimentar.

Como ocorre nas representações das cadeias alimentares, as setas indicam o fluxo de matéria e energia de um nível trófico para outro.

Podemos agora perceber que um mesmo organismo pode ocupar vários níveis tróficos ao mesmo tempo, pois pode participar de várias cadeias alimentares ao mesmo tempo.



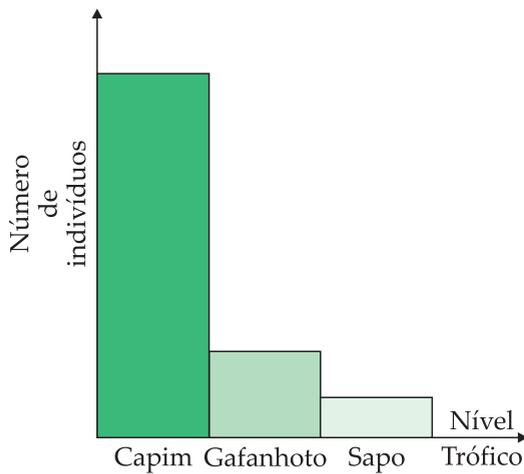
Analise a teia alimentar representada e veja em quantas cadeias alimentares o gavião está presente e os diferentes níveis tróficos ocupados por este animal.

9. Pirâmides Ecológicas

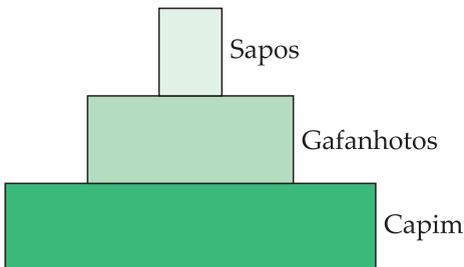
9.1. Introdução

As cadeias alimentares podem ser analisadas quantitativamente, colocando-se os dados obtidos num gráfico de barras. Uma cadeia alimentar, formada por capim, gafanhoto e sapos, levando-se em conta o número de indivíduos de cada nível trófico, pode, por exemplo, ter os seguintes números: 5000 capins, 500 gafanhotos e 10 sapos.

Colocando-se esses dados num gráfico, teremos:



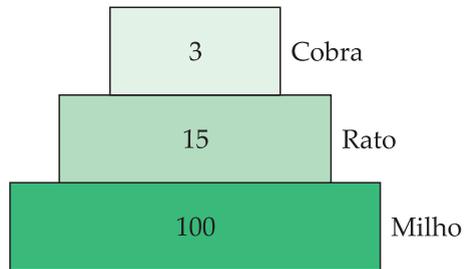
Em ecologia, representamos as barras de cada nível trófico na posição horizontal e centralizada, formando uma pirâmide.



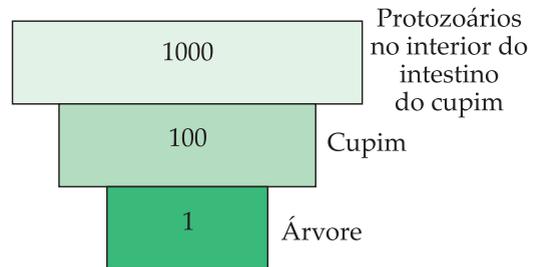
9.2. Pirâmide de Número

Quando a pirâmide é montada, levando-se em consideração o número de indivíduos da cadeia alimentar, é chamada de **pirâmide de números** ou **de frequência**.

Se considerarmos a cadeia alimentar: milho → rato → cobra com 100 pés de milho, 15 ratos e 3 cobras, teremos a seguinte pirâmide de números:



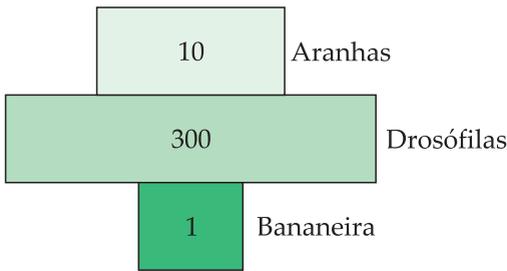
Não é raro uma pirâmide de números apresentar-se invertida, como a seguir:



Na cadeia alimentar: árvore → cupim → protozoários existe a seguinte relação numérica: 1 árvore, 100 cupins e 1000 protozoários no interior do intestino dos cupins.

Se considerarmos outra cadeia alimentar: bananeira → drosófilas → aranhas, teremos um padrão de pirâmide diferente das anteriores.

Considere: 1 bananeira, 300 drosófilas e 10 aranhas.



Pelos exemplos citados anteriormente, podemos notar que não existe um padrão único para a pirâmide de número.

9.3. Pirâmide de Biomassa

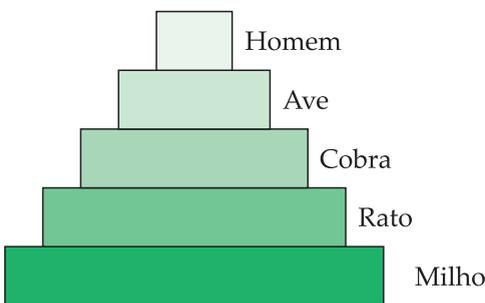
Se a pirâmide for montada levando-se em consideração a massa correspondente à matéria orgânica dos indivíduos (biomassa) de cada nível trófico, estaremos caracterizando a pirâmide de biomassa.

Normalmente, a pirâmide de biomassa apresenta a base maior e o ápice menor porque é comum considerarmos que uma biomassa maior sustenta uma biomassa menor ao longo das cadeias alimentares.

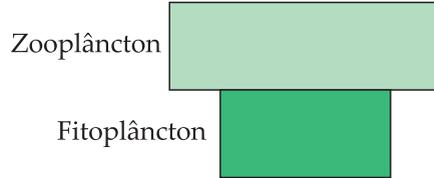
A matéria orgânica presente em cada nível trófico não é totalmente transferida para o nível trófico seguinte; no caso dos produtores, muitas vezes, a parte comestível, isto é, a matéria passada aos herbívoros, corresponde às folhas, ou aos frutos.

No caso dos animais, os cascos, os chifres, a pele, as vísceras nem sempre serão aproveitadas como fonte de alimento.

Considerando-se então a cadeia alimentar: milho → rato → cobra → ave → homem, teremos a seguinte pirâmide de biomassa:



No ambiente aquático, a pirâmide de biomassa pode ser representada invertida, como por exemplo para a cadeia alimentar: Fitoplâncton → Zooplâncton.



Aparentemente uma biomassa menor sustenta uma biomassa maior. Isto só é admissível se considerarmos que a taxa de reprodução do fitoplâncton é muito elevada e a reposição de sua biomassa será rápida, e que a pirâmide representa um certo instante da relação alimentar entre fitoplâncton e zooplâncton.

9.4. Pirâmide de Energia

Como as pirâmides de número e de biomassa são variáveis, isto é, podem aparecer invertidas em alguns casos, procurou-se uma outra forma de quantificar a cadeia alimentar que apresentasse forma piramidal constante, facilitando com isso a análise científica do processo.

Tal pirâmide é conseguida quando se faz a quantificação da energia em cada nível trófico. Essa pirâmide é conhecida por **pirâmide de energia** e nunca se apresenta invertida, pois mostra uma conseqüência natural das leis da termodinâmica; além disso, ela indica os níveis de aproveitamento ou produtividade biológica da cadeia alimentar. Devido a essa propriedade, ela é muito utilizada pelos ecólogos, em detrimento da pirâmide de biomassa e mais ainda em relação à pirâmide de números.

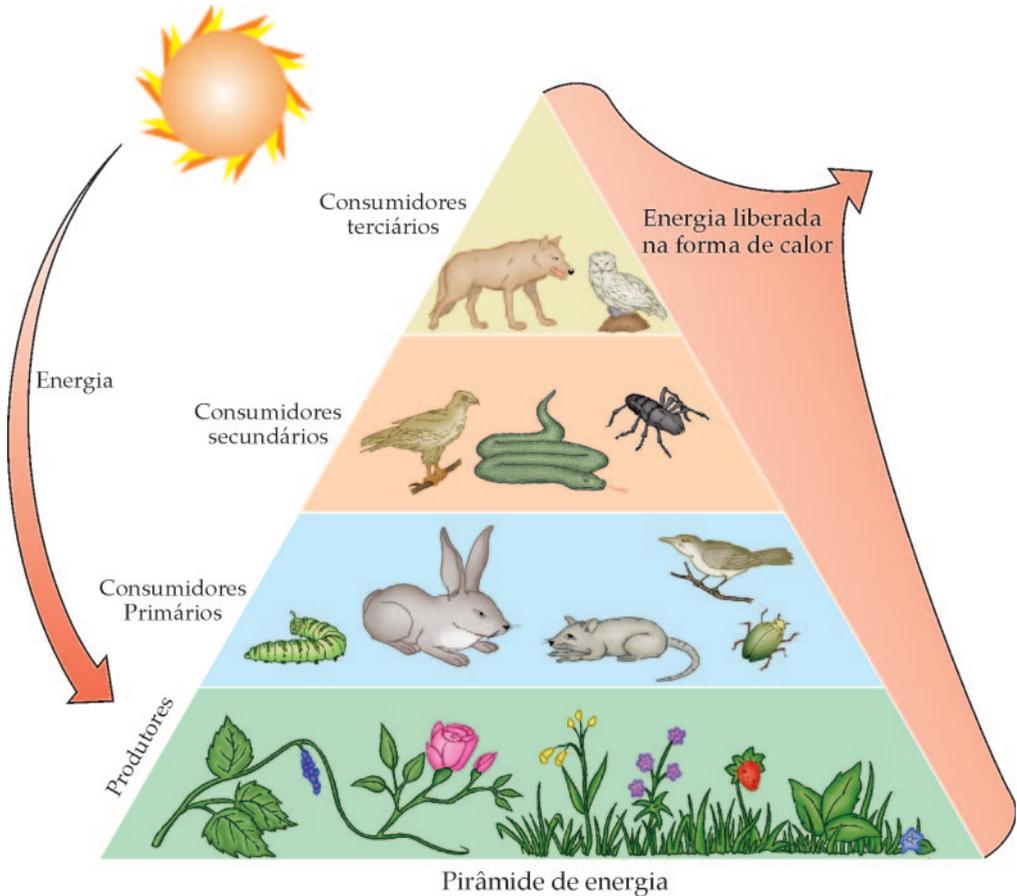
Na pirâmide de energia, o nível do produtor corresponde à quantidade de energia armazenada nos alimentos produzidos pelos autótrofos por meio da fotossíntese para a comunidade, em uma determinada área, num certo intervalo de tempo. Essa energia arma-

zenada no produtor corresponde à Produtividade Primária Bruta (**PPB**). Parte da PPB é utilizada na respiração dos produtores. Os produtos orgânicos não utilizados na respiração dos autótrofos são armazenados em suas células, ficando desse modo disponíveis para o nível trófico seguinte (consumidor primário). A energia retida nos produtos orgâ-

nicos armazenados, disponível para os herbívoros, corresponde à Produtividade Primária Líquida (**PPL**). Portanto:

$$\text{PPL} = \text{PPB} - \text{RESPIRAÇÃO}$$

A produtividade primária bruta ou líquida é medida, preferencialmente, em kcal/m²/ano (kcal = quilocaloria).





Capítulo 02. Ciclos Biogeoquímicos

1. Definição

Ciclos biogeoquímicos referem-se aos ciclos da matéria nos ecossistemas, em que os decompositores apresentam papel fundamental na reciclagem da matéria morta animal e vegetal.

Os ciclos biogeoquímicos apresentam componentes biológicos, como os produtores, consumidores e decompositores; os componentes geológicos, como a atmosfera, hidrosfera e litosfera; e os componentes químicos, como H_2O (água), C (carbono), O (oxigênio) e N (nitrogênio).

2. Ciclo da Água

A água na natureza pode ser encontrada nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

Os oceanos e mares (água salgada) constituem cerca de 97% de toda a água. Dos 3% restantes, constituídos de água doce, 2,25% estão no estado sólido (geleiras e pólos) e 0,7% está na forma líquida nos rios, lagos e lençóis freáticos (subterrânea). Percebe-se que a porcentagem de água potável e líquida (0,7%) disponível para o consumo humano é reduzida e, lamentavelmente, é a que mais poluímos.

A quantidade de água na forma de vapor da atmosfera é reduzidíssima, quando comparada às quantidades encontradas nos outros estados físicos. Apesar da pequena quantidade de água na atmosfera, ela é fundamental na determinação das condições climáticas e de vital importância para os seres vivos. Lembre-se de que um dos principais determinantes dos ecossistemas é o clima.

A água encontrada na atmosfera é proveniente da **evapotranspiração**, que compreende a **transpiração** dos seres vivos e a **evaporação** da água líquida (doce ou salgada).

A evapotranspiração exige energia para ser realizada. Em última análise, podemos afirmar que essa energia provém do Sol, atuando diretamente na evaporação e indiretamente na transpiração. Afinal, a transpiração dissipa o calor do organismo para o ambiente.

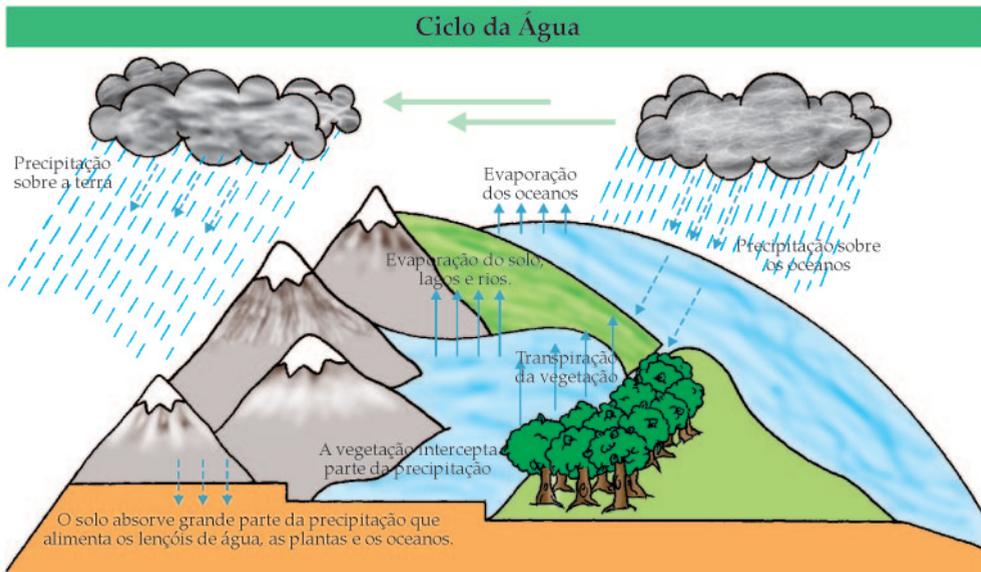
A água gasosa da atmosfera se condensa e pode precipitar na forma de chuva (líquida) ou, se o resfriamento for excessivo, na forma sólida, como neve ou granizo.

Se levarmos em consideração os fenômenos de evaporação, condensação e precipitação, o ciclo da água pode ocorrer na natureza sem a interferência dos seres vivos, como ocorreu na **atmosfera primitiva**.

Os seres vivos, por dependerem da água em suas atividades metabólicas, interferem em seu ciclo na natureza.

Os vegetais absorvem água e sais minerais pelos sistemas radiculares, utilizam essa água no fenômeno da fotossíntese e a devolvem à natureza por meio da transpiração.

Os animais ganham água por meio da ingestão direta ou pela alimentação. A água é fundamental como veículo de transporte de substâncias através do sangue, urina e suor, sendo devolvida ao ambiente pelas fezes, urina e suor (transpiração).



3. Ciclo do Carbono e do Oxigênio

O carbono não tem existência livre na biosfera, encontrado principalmente combinado com o oxigênio, formando o **gás carbônico** ou **dióxido de carbono** (CO_2). Por essa razão é que analisamos o ciclo do gás carbônico, quando nos referimos ao ciclo do carbono.

O gás carbônico encontra-se na atmosfera numa concentração aproximada de 0,03% e, em proporções semelhantes, dissolvido na parte superficial dos mares, oceanos, rios e lagos.

O CO_2 é removido da atmosfera pela fotossíntese, incorporando-se aos seres vivos, em compostos orgânicos com energia armazenada nos carboidratos.

A respiração ou a fermentação liberam a energia desses compostos orgânicos e devolvem o dióxido de carbono para a atmosfera.

A decomposição da matéria orgânica, realizada pelos fungos e bactérias, dá origem a gases, entre eles o carbônico, que se desprendem para a atmosfera.

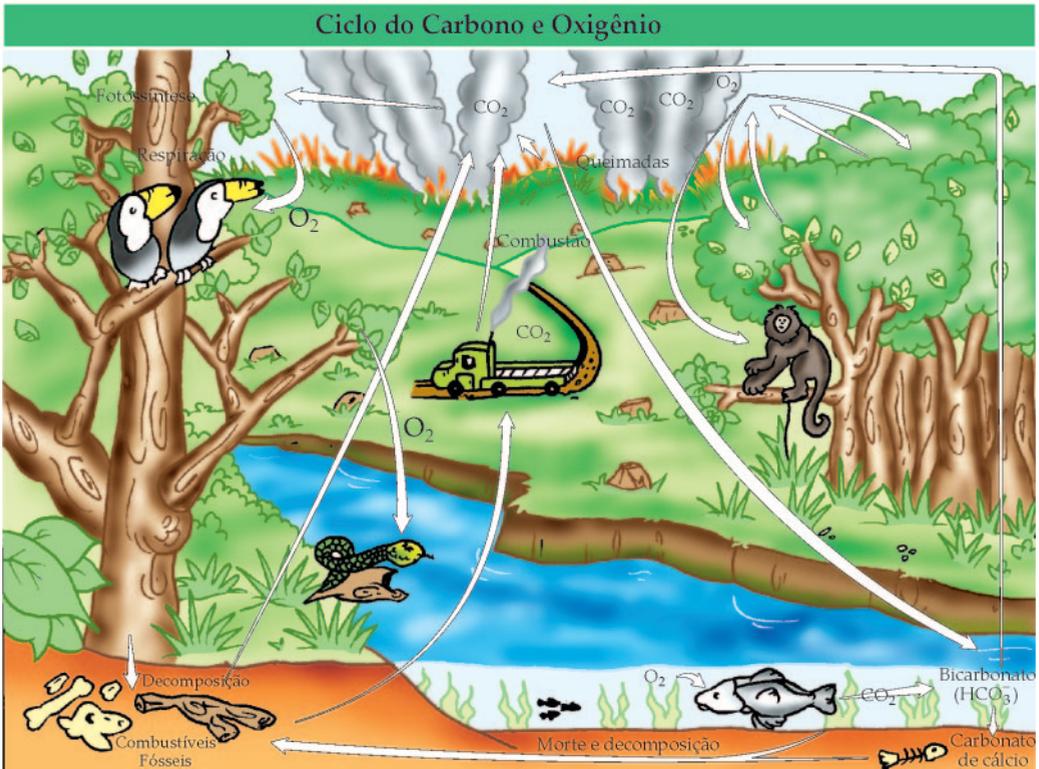
Outra forma de colocar gás carbônico na atmosfera é por intermédio da queima de combustíveis fósseis, como o carvão-de-pedra e petróleo (gasolina, diesel, gás natural), e por meio das queimadas.

Se por um lado o fenômeno da fotossíntese retira o CO_2 da atmosfera, por outro ele é o responsável pela origem do gás oxigênio (O_2) em nossa atmosfera.

O O_2 é fundamental na respiração celular como aceptor final dos hidrogênios nas reações da cadeia respiratória para a formação do ATP.

Acredita-se que a origem do O_2 na atmosfera só foi possível com o aparecimento dos organismos fotossintetizantes no planeta Terra, sendo o evento seguinte na evolução biológica o surgimento dos organismos aeróbicos, que utilizam o O_2 na respiração celular, que ocorre nas mitocôndrias.

Os fenômenos da fotossíntese e da respiração mantêm o oxigênio em torno de 22% da constituição dos gases na atmosfera.



4. Ciclo do Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento químico fundamental para os seres vivos porque é necessário na produção dos aminoácidos, das proteínas, das bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina, timina e uracila) dos nucleotídeos que formam os ácidos nucleicos (DNA e RNA) e o ATP.

O nitrogênio é um gás que ocorre livre na atmosfera, na forma molecular (N₂), numa proporção aproximada de 79%. Portanto, os seres vivos terrestres encontram-se mergulhados num "mar gasoso de nitrogênio". E, no entanto, apesar dessa fartura, poucos são os organismos que conseguem aproveitá-lo.

O nitrogênio utilizável pelos seres vivos é o combinado com o hidrogênio na forma de amônia (NH₃).

A transformação de N₂ em NH₃ é chamada **fixação**.

Fenômenos físicos como relâmpago e faísca elétrica favorecem a fixação de nitrogênio.

A produção de amônia por esses fenômenos atmosféricos é pequeníssima, sendo praticamente desprezível face às necessidades dos seres vivos. A fixação do nitrogênio por esses meios é denominada **fixação física**.

Outra forma de fixação do nitrogênio é a **fixação industrial**, realizada pelas indústrias de fertilizantes. A quantidade de nitrogênio fixada por esse meio é elevada.

A fixação do nitrogênio realizada pelas bactérias, cianobactérias e fungos, que podem viver livres no solo ou associados a plantas, é denominada **fixação biológica** ou **biofixação**.

Bactérias do gênero *Rhizobium*, cianobactérias dos gêneros *Anabaena* e *Nostoc* e certos fungos são organismos fixadores de nitrogênio e vivem associados a plantas, principalmente leguminosas.

As plantas que produzem frutos com forma de vagem são consideradas leguminosas, como, por exemplo: feijão, ervilha, grão-de-bico, soja, amendoim, jacarandá, unha-de-vaca, tremoço, alfafa e lentilha.

Esses microorganismos vivem em nódulos nas raízes das plantas e são conhecidos por radicícolas. Eles recebem da planta proteção e alimento e em troca fornecem, para a planta, um farto suprimento de nitrogênio aproveitável (NH_3). A gimnosperma *Araucaria*, planta não leguminosa, apresenta nódulos em suas raízes com fungos fixadores de nitrogênio.

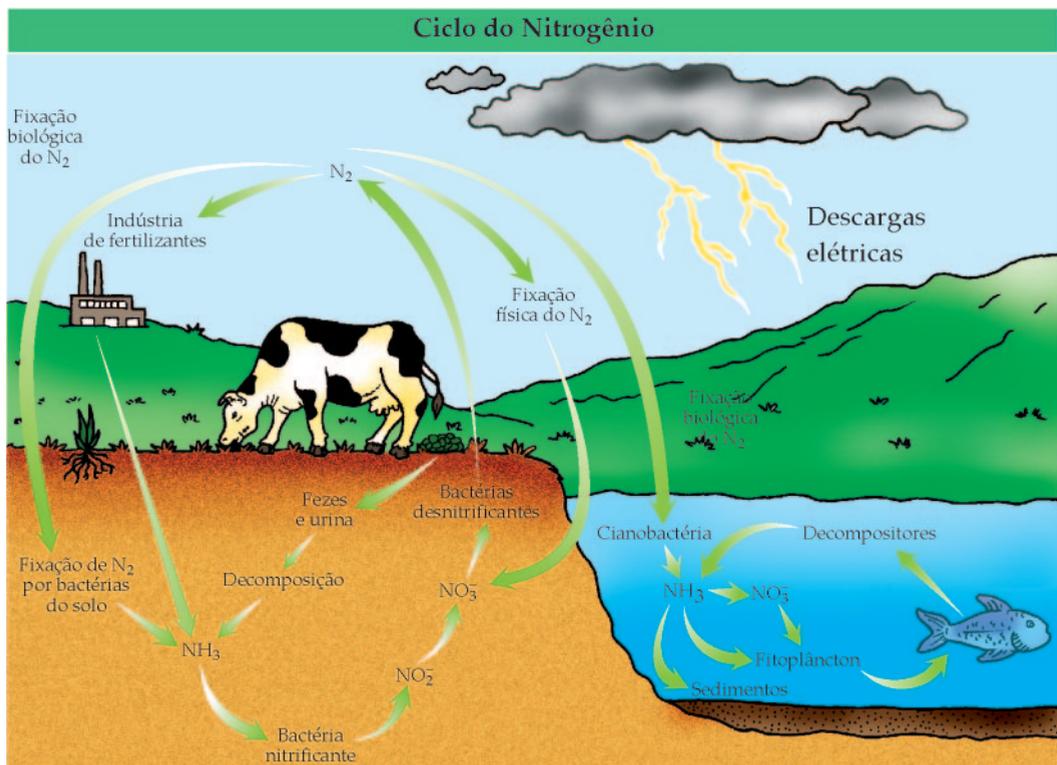


Nódulos nas raízes de uma leguminosa. Relação de mutualismo entre *Rhizobium* e leguminosa.

No mutualismo, as espécies participantes são beneficiadas. As plantas ganham o nitrogênio na forma de amônia (NH_3) e as bactérias ganham nutrientes das raízes das plantas.

A amônia, produzida pelos biofixadores de vida livre (bactérias dos gêneros *Azotobacter* - aeróbias - e *Clostridium* - anaeróbias) no solo ou na água, é transformada em nitrito e, posteriormente, em nitrato, pela ação das **bactérias nitrificantes** (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* e *Nitrobacter*). A transformação de amônia (NH_3) em nitrato (NO_3^-) é chamada **nitrificação**.

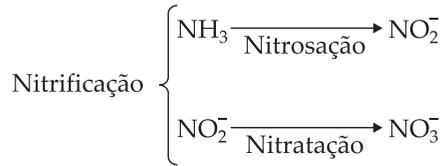
A nitrificação compreende duas etapas: na primeira, a amônia é transformada em nitrito (NO_2^-) e, na segunda, o nitrito é transformado em nitrato. A primeira é denominada **nitrosação** e a segunda, **nitratção**.





As bactérias nitrificantes são quimioautótrofas, isto é, autótrofas e quimiossintetizantes. Elas utilizam a energia liberada na nitrificação para produzir as suas substâncias orgânicas.

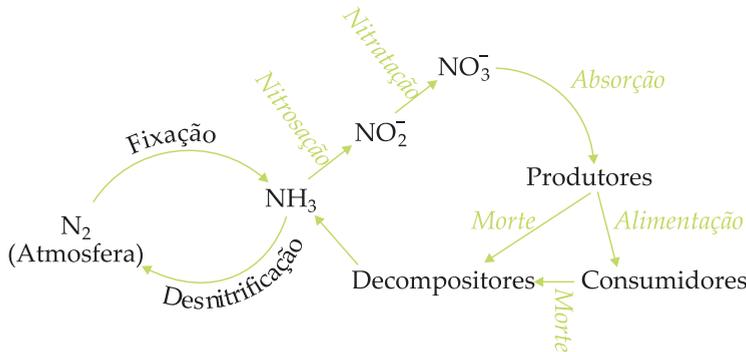
Nitrosação e nitratação:



Por meio da excreção ou da morte, os produtos nitrogenados dos organismos são devolvidos ao meio ambiente.

Os excretas nitrogenados, como uréia e ácido úrico, são transformados em amônia, pela ação de bactérias e fungos decompositores. Outros compostos nitrogenados, como proteínas, por exemplo, são degradados no ambiente por bactérias e fungos, transformando-se em amônia. A decomposição que apresenta como produto final a amônia denomina-se **amonificação**.

A amônia produzida pelos biofixadores ou pela amonificação pode ser aproveitada pelas bactérias nitrificantes ou ser transformada em N_2 (nitrogênio livre), desprendendo-se para a atmosfera. Essa devolução do N_2 para a atmosfera é conhecida por **desnitrificação** e é realizada pelas **bactérias desnitrificantes** (*Pseudomonas denitrificans*). Aparentemente indesejável, a desnitrificação é necessária porque, se não ocorresse, a concentração de nitratos no solo aumentaria em proporções imprevisíveis.



Uma prática comum dos agricultores é a **rotação de cultura**.

A rotação de cultura consiste na alternância de uma cultura de não-leguminosas (por exemplo: arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar, sorgo) com leguminosas (por exemplo: feijão, lentilha, trevo, amendoim) periodicamente. Assim, numa safra planta-se uma não-leguminosa e na entressafra a leguminosa, deixando-se os restos das leguminosas na área.

A decomposição da leguminosa adiciona compostos nitrogenados ao solo, que serão utilizados posteriormente pela cultura da não-leguminosa. Essa forma de adubação é conhecida como **adubação verde**. Assim procedendo, o agricultor economiza com adubo, ganha uma nova colheita (a da leguminosa) e preserva o ambiente, pois está praticando uma forma de adubação natural.

Além da rotação de cultura, uma outra prática pode ser usada para adicionar nitrogênio ao solo, conhecida por **culturas consorciadas**, plantando-se, por exemplo, feijão nas ruas do milharal.

Capítulo 03. Comunidades

1. Relações Ecológicas

Os indivíduos que convivem numa comunidade estabelecem entre si relações com outros da mesma espécie ou de espécies diferentes.

A relação **intra-específica** é a existente entre seres da mesma espécie e a **interespecífica** é a que ocorre entre indivíduos de espécies diferentes.

As relações, tanto a intra como a interespecífica, podem ser classificadas em **harmônicas** ou **desarmônicas**.

Relações harmônicas ou **interações positivas** são aquelas nas quais os indivíduos relacionados não sofrem prejuízos, podendo, ao contrário, trazer benefícios para um deles ou para ambos.

Relações desarmônicas ou **interações negativas** são aquelas nas quais há pelo menos um prejudicado.

O conceito de harmônico ou desarmônico só tem validade quando considerado isoladamente ao se restringir à análise do resultado momentâneo da relação dos indivíduos envolvidos. Numa análise mais ampla, que envolva um longo período e a população total da espécie, veremos que todas são harmônicas, pois elas exercem a função importante de conservar o equilíbrio ecológico.

2. Relações Intra-específicas Harmônicas

2.1. Sociedade

A sociedade compreende uma interdependência comportamental entre os indivíduos de uma população. Nela ocorre uma nítida divisão de trabalho entre os seus componentes. Exemplos de sociedades, encontra-

mos nas abelhas, formigas e cupins, considerados **animais sociais**.

Na sociedade das abelhas há três castas: **operárias**, fêmeas estéreis com a função de realizar todos os trabalhos da colméia; **rainha**, fêmea fértil, encarregada de coordenar as atividades da colméia e da reprodução e **zangões**, machos férteis com a função de fecundar a rainha.



Sociedade de cupins



Sociedade de abelhas

2.2. Colônia

Se entre os indivíduos de uma população existir uma ligação anatômica, essa população é denominada **colônia**.

De modo geral, as colônias formam-se pela reprodução assexuada (brotamento), e os descendentes não se desligam do ancestral. São

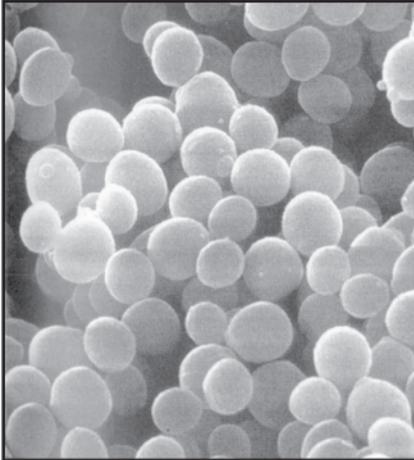


exemplos de colônias: recife de corais, caravelas, algas filamentosas, bactérias e hidrozoários (celenterados).

Colônias formadas por protozoários, bactérias e algas apresentam todos os indivíduos iguais, não havendo divisão de trabalho. A colônia é denominada **homeomórfica**.

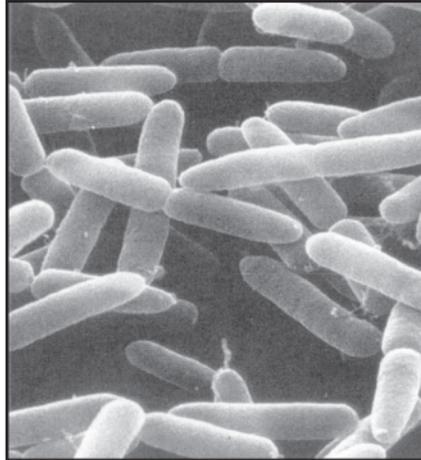
Em colônias de cnidários, como a caravela, por exemplo, os indivíduos são diferentes e desempenham funções diferentes, havendo uma nítida divisão de trabalho. A essa colônia denominamos **heteromórfica**.

a)



a – Colônia de bactérias do tipo Cocos

b)



b – Colônia de bactérias do tipo Bacilos

3. Relações Intra-específicas Desarmônicas

3.1. Canibalismo

É a relação em que um animal mata outro da mesma espécie para dele alimentar-se. É um fato raro no mundo animal entre vertebrados. Ocorre quando a população atinge alta densidade demográfica (superpopulação), e então fêmeas e machos comem os filhotes. Entre os invertebrados, ocorre normalmente com alguns insetos, como o louva-a-deus, cuja fêmea devora o macho logo após a cópula. O canibalismo também pode ocorrer entre aranhas e alguns peixes predadores.



O canibalismo ocorre entre indivíduos da mesma espécie.

3.2. Competição Intra-específica

A competição compreende a disputa por recursos ambientais que existem em quantidades insuficientes para todos. As plantas competem por luz e nutrientes numa floresta, as plantas competem por água numa região semi-árida. Os animais competem pelo alimento e espaço. A competição intra-específica determina a densidade da população e tem particular importância para a sua evolução, pois favorece os mais adaptados. Uma forma de competição intra-específica é a **territorialidade**, isto é, a delimitação de um espaço no qual se pode agir livremente. Geralmente, o território é demarcado pelo macho de diversas maneiras: os cães, os lobos e os coelhos usam a urina; os insetos usam substâncias odoríferas denominadas feromônios; usam o canto alguns pássaros, etc. Tanto a delimitação como a defesa não envolvem luta física, pois há uma aceitação geral do território. Quando há luta, o perdedor simplesmente se afasta.



A delimitação de território pode ser feita pelo canto dos pássaros.

4. Relações Interespecíficas Harmônicas

4.1. Tipos

As relações interespecíficas são as relações que podem existir entre duas espécies distintas.

As relações interespecíficas harmônicas são: mutualismo, protocooperação, inquilinismo, epifitismo e comensalismo.

As relações interespecíficas desarmônicas são: amensalismo, predatismo, parasitismo e competição interespecífica.

Uma outra maneira de indicar as relações interespecíficas é por meio de símbolos em que (+) indica benefício, (-) indica prejuízo e (0) indica indiferença ou neutralidade. Desse modo, as relações interespecíficas admitem as seguintes combinações: (0 0), (- -), (+ +), (+ 0), (- 0) e (+ -).

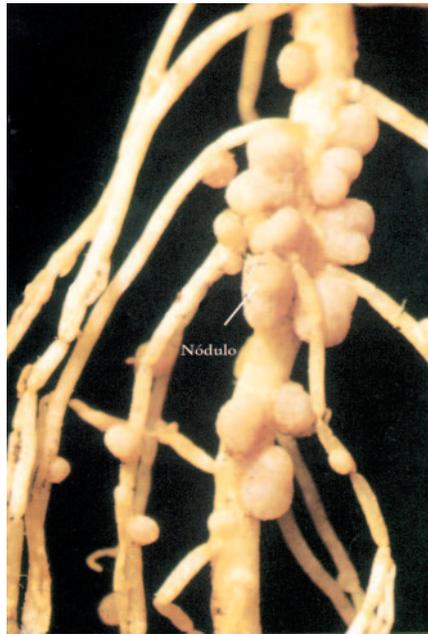
Tipo de interação	Espécie A	Espécie B
Neutralismo	0	0
Competição	-	-
Parasitismo	+	-
Predatismo	+	-
Comensalismo	+	0
Protocooperação	+	+
Mutualismo	+	+

Observação – No quadro acima, a espécie A do parasitismo é a **parasita**, a B a **hospedeira**. No predatismo, a espécie A é a **predadora** e a B a **presa**. No comensalismo a espécie A é a **comensal** e a B a **hospedeira**.



4.2. Mutualismo

É a associação entre duas espécies diferentes em que ambas se beneficiam. A união entre elas é obrigatória e a interdependência é tão intensa que não conseguem viver isoladamente. O líquen, associação íntima entre algas e certos fungos, é um exemplo de mutualismo. Outro exemplo é a associação entre mamíferos herbívoros, principalmente ruminantes, com bactérias que produzem **celulase** (enzima que digere a celulose) em seu tubo digestório. Outro exemplo é a associação entre insetos que se alimentam de madeira, como o cupim, com protozoários produtores de celulase que vivem nos seus tubos digestórios. Tanto os mamíferos herbívoros como os cupins apresentam uma dieta rica em celulose e, no entanto, não produzem a enzima para digeri-la.

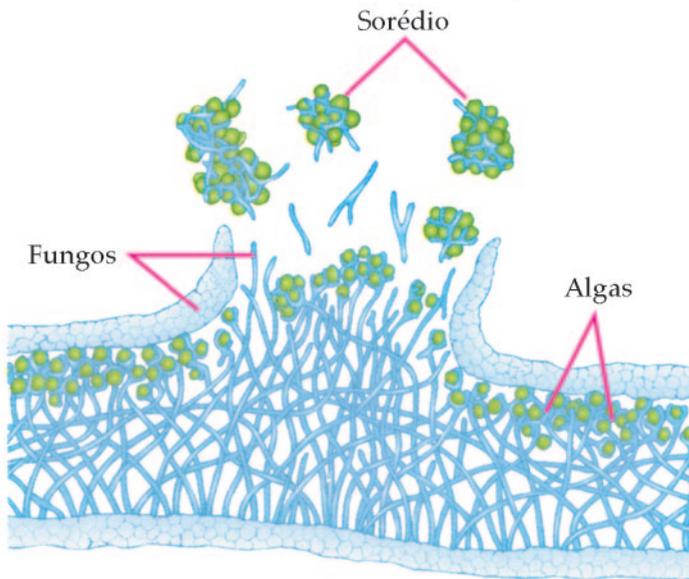


Mutualismo entre bactéria *Rhizobium* e raízes de leguminosas

A celulase produzida pelas bactérias e pelos protozoários garante a digestão da celulose. Assim, os mamíferos herbívoros e os cupins são beneficiados, enquanto as bactérias e os protozoários recebem abrigo, proteção e suprimento constante de alimento. Outro exemplo de mutualismo ocorre na associação entre certos fungos, denominados **micorrizas** (*mico* = fungo/ *rizas* = raiz) e raízes de plantas como samambaias, orquídeas e pinheiros. Os fungos aumentam a superfície de absorção, além de facilitar a absorção de determinados sais minerais e recebem em troca o alimento necessário à sua sobrevivência. As bactérias do gênero *Rhizobium* que vivem em nódulos de raízes de leguminosas, representam, também, uma relação mutualística.



Líquens



Detalhe da organização do líquem



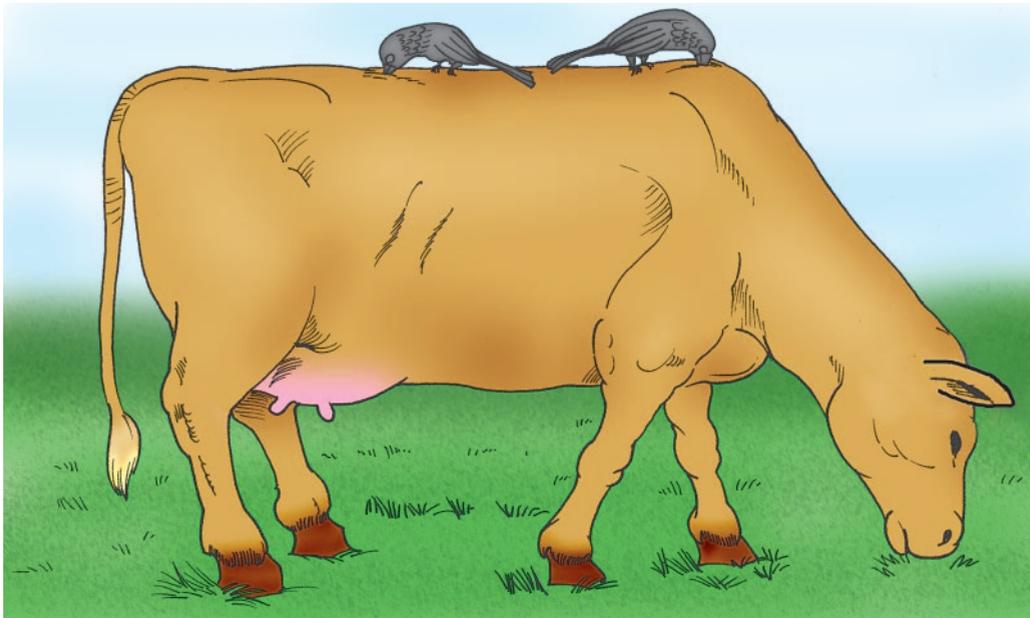
4.3. Protocooperação

É a associação entre duas espécies diferentes em que ambas se beneficiam. A protocooperação diferencia-se do mutualismo porque as espécies associadas conseguem viver, se necessário, separadamente, isto é, a associação, nesse caso, não é obrigatória. Um exemplo de protocooperação é a associação entre o crustáceo bernardo-eremita (também conhecido por ermitão ou paguro) com a anêmona do mar. O paguro, semelhante ao caranguejo, apresenta corpo mole e desprotegido e costuma ocupar o interior de conchas de gastrópodes abandonadas. Sobre a concha instala uma ou mais anêmonas do mar. As células urticantes (cnidócitos) da anêmona afastam os predadores, e o paguro, ao se deslocar, possibilita uma melhor exploração do ambiente pela anêmona.



Protocooperação: anêmona e paguro

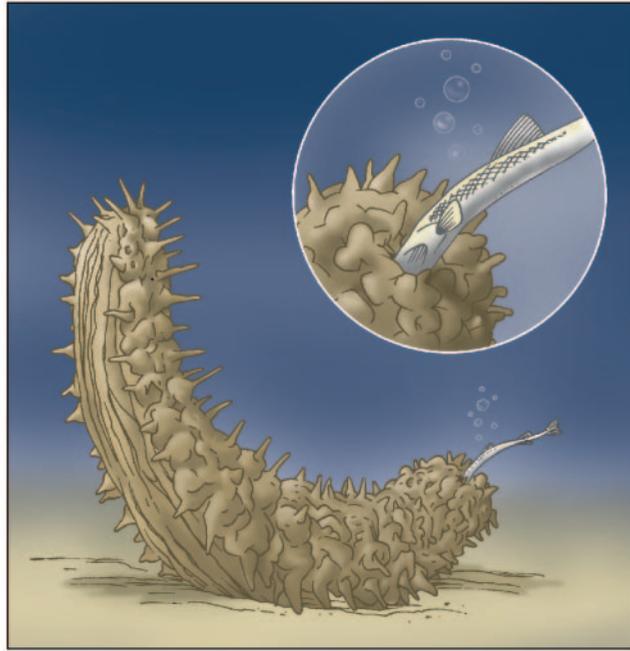
Pássaros que se alimentam de carrapatos, como o anu, vivem em protocooperação com boi, búfalo, rinoceronte e elefante.



Protocooperação: vaca e anu

4.4. Inquilinismo

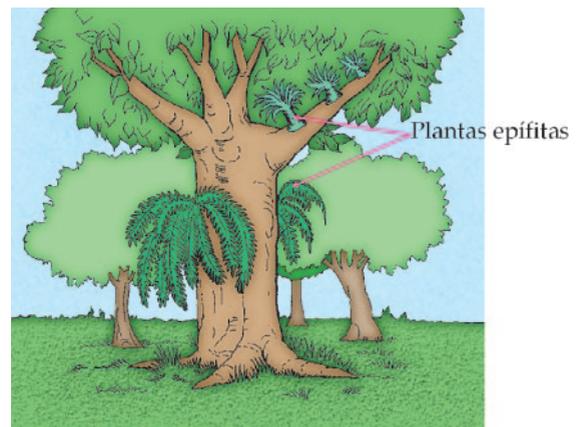
É uma associação entre duas espécies diferentes em que há benefício para uma e neutralidade para a outra. A causa da aproximação entre as duas espécies é frequentemente a proteção ou abrigo. Um exemplo clássico de inquilinismo é o abrigo que várias espécies de peixes buscam em colônias de corais, nos pepinos do mar ou nas esponjas. Um pequeno peixe conhecido como *fierasfer* se abriga no interior do corpo do pepino do mar.



Inquilinismo: peixe e pepino-do-mar

4.5. Epifitismo

É um tipo de relação entre duas espécies distintas, correspondendo a uma variação do inquilinismo. A espécie beneficiada é denominada **epífita**. A diferença está no motivo da aproximação das espécies. No epifitismo, a espécie beneficiada procura suporte ou apoio. Ocorre principalmente entre plantas, em que a espécie epífita apóia-se em plantas de maior porte alcançando, com isso, posição favorável para obtenção de luz. Para a planta de maior porte a presença da epífita é indiferente. Temos como exemplos de plantas epífitas a samambaia, as orquídeas e as bromeliáceas.

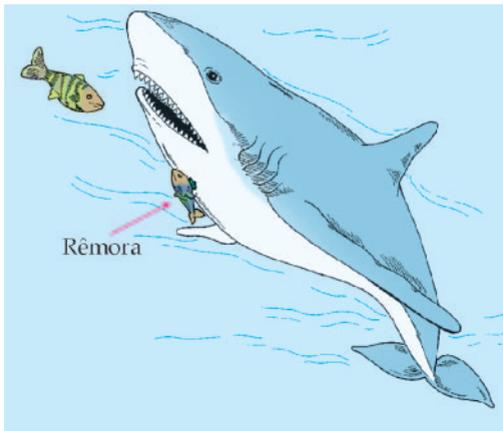


Plantas epífitas (Epifitismo)



4.6. Comensalismo

Tal qual no inquilinismo e no epifitismo, no comensalismo a relação para uma espécie é benéfica e para outra a relação é neutra. A espécie beneficiada é denominada **comensal** e aproxima-se da outra para alimentar-se. Um exemplo clássico de comensalismo é a associação entre o tubarão e a rêmora. As rêmoras apresentam uma ventosa dorsal com a qual se prendem ao corpo do tubarão ou vivem ao redor dele, alimentando-se dos restos de caça do tubarão, que porventura escapem das suas mandíbulas.



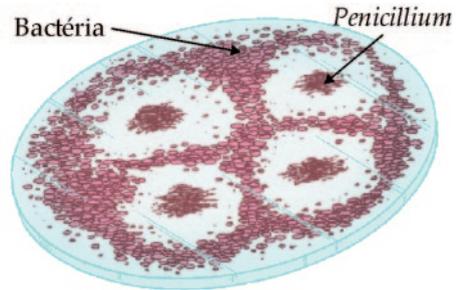
Comensalismo: tubarão e rêmora

5. Relações Interespecíficas Desarmônicas

5.1. Amensalismo

Também conhecida por antibiose, é uma relação entre espécies diferentes em que uma (beneficiada) secreta substâncias que inibem ou impedem o desenvolvimento da outra espécie. No caso dos fungos as substâncias secretadas que apresentam esse efeito são conhecidas como **antibióticos**. Um exemplo de antibiótico é a penicilina, produzida pelo fungo *Penicillium notatum*. Esse antibiótico impede o desenvolvimento de certas bactérias. Outros exemplos de amensalismo são a maré vermelha e a interação entre o pinheiro-do-paraná e o eucalipto, que eliminam substâncias qui-

micas no solo ao seu redor e impedem a germinação de sementes de outras plantas. Plantas de deserto também apresentam este tipo de associação.



Antibiose: Mata de eucaliptos e pinheiros

5.2. Predatismo

É a relação entre espécies diferentes na qual uma mata a outra para dela se alimentar. A espécie beneficiada é denominada **predadora** e a prejudicada, **presa**. Todos os carnívoros são predadores, como o leão, a onça, o tigre que caçam zebras, veados, lebres e outros animais. O **herbivorismo** ocorre quando o animal alimenta-se da planta inteira. Quando bandos de gafanhotos devoram plantações inteiras, praticam o herbivorismo. Outro exemplo de predatismo são as plantas carnívoras, que aprisionam as suas presas (insetos) e as digerem.

Uma das maneiras de as presas se protegerem dos predadores é confundirem-se com o ambiente, imitando-o. A palavra **mimetismo** significa imitação. Assim, quando o bicho-pau mimetiza um graveto, o gafanhoto uma folha, uma determinada espécie de mosca mimetiza uma vespa, tentam confundir o predador. Do mesmo modo, um predador pode mimetizar-se com o ambiente para não ser percebido pela presa.

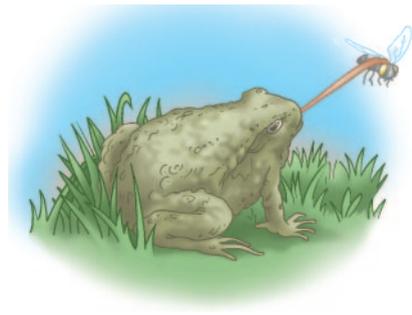


Mimetismo: Bicho-pau



Mimetismo: Bicho-folha

Uma forma de mimetismo é a **camuflagem**, em que o animal imita o aspecto ou a cor do ambiente (mesma cor = homocromia), como, por exemplo, o urso polar, "branco como a neve", o leão que se confunde com o capim seco, pássaros de cor verde entre as folhas e a raia que tem cor semelhante à do fundo do mar.



Predatismo: Sapo x Inseto



Predatismo: Joaninha x Pulgão

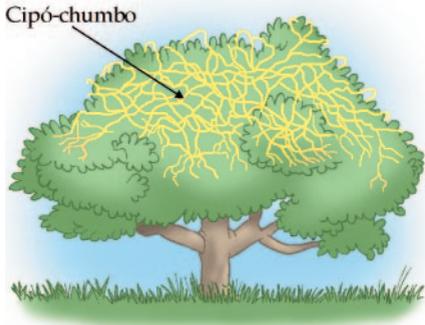
5.3. Parasitismo

É a relação entre duas espécies diferentes em que a beneficiada (**parasita**) vive às custas da outra (**hospedeiro**), alimentando-se dela. Se o parasita viver dentro do corpo do hospedeiro, é denominado **endoparasita**. É o que ocorre, por exemplo, com o *Trypanosoma cruzi*, HIV, *Plasmodium vivax*, etc. Se o parasita se aloja fora do corpo do hospedeiro, é denominado **ectoparasita**. É o caso do piolho, do carrapato e da pulga. Entre os vegetais, um exemplo típico de parasitismo é o do cipó-chumbo (*Cuscuta europaea*), um vegetal de cor amarelada, que se fixa sobre outra planta, produz raízes chamadas **haustórios** que penetram até o floema da planta hospedeira e dela absorvem a seiva elaborada.

O cipó-chumbo, por depender integralmente da planta hospedeira para conseguir o seu alimento (seiva elaborada), é considerado um tipo de **holoparasita** (*holo* = *total*), isto é, totalmente parasita. A erva-de-passarinho é um hemiparasita (*hemi* = *metade*), porque é clorofilada e realiza a fotossíntese, retirando da planta hospedeira seiva bruta para seu metabolismo.



Um caso raro de parasitismo de vertebrado é o da **lampreia** (Ciclostomado), que se fixa por ventosas no corpo de peixes e deles sugam o sangue para se alimentar.



Parasitismo: Vegetal x Cipó-Chumbo



Parasitismo: Homem x Vermes

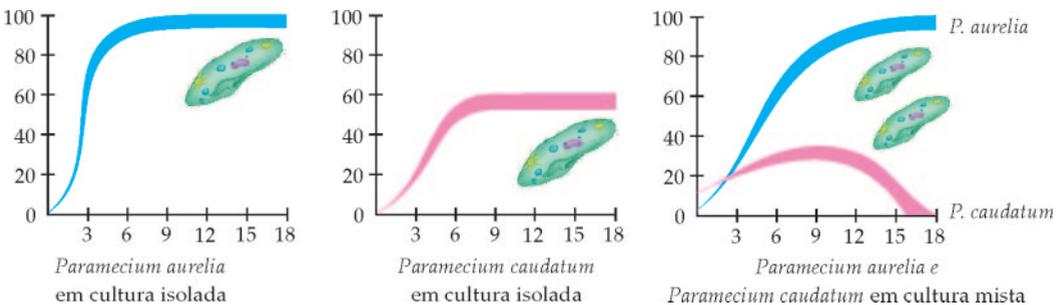
5.4. Competição Interespecífica

A competição interespecífica ocorre quando duas populações de espécies diferentes, numa mesma comunidade, apresentam nichos ecológicos iguais ou semelhantes. Os recursos do meio não são suficientes para ambas e isso desencadeia uma disputa que leva a diversas conseqüências, como o controle na densidade das duas populações ou a extinção de uma delas. As competições, tanto a intra como a interespecífica, sempre trazem resultados positivos em relação à seleção natural, pois tendem a manter os mais adaptados em detrimento dos menos adaptados e resultados negativos quando analisadas individualmente.

Dois espécies só conseguem ocorrer no mesmo ambiente se explorarem recursos ambientais diferentes ou apresentarem atividades em períodos diferentes. Essa coexistência das espécies é conhecida como **princípio de Gause**, em homenagem ao biólogo russo G. F. Gause (1932), ou como **princípio da exclusão competitiva de Gause**.

Por extensão do princípio de Gause, temos que se duas espécies, além de viverem nos mesmos lugares, utilizarem os mesmos recursos ambientais, isto é, apresentarem o mesmo nicho ecológico, haverá competição entre elas, podendo ocorrer extinção ou migração de uma delas para outro ambiente.

Representação gráfica do princípio de Gause para *Paramecium aurelia* e *Paramecium caudatum*:



5.5. Simbiose

Originalmente definida pelo biólogo alemão Anton de Bary (1879) como **a vida em associação de organismos diferentes**, não menciona se as espécies envolvidas seriam ou não beneficiadas.

O termo simbiose é definido com uma relação muito íntima entre espécies diferentes como ocorre no comensalismo, mutualismo e parasitismo. Portanto, o vocábulo simbiose não é sinônimo de mutualismo, como muitas vezes já foi empregado.

6. Comunidades Aquáticas

A comunidade biológica é o conjunto de populações ou de todos os seres vivos de uma certa área.

Como já visto, as comunidades aquáticas ou terrestres interagindo com fatores ambientais ou abióticos formam os ecossistemas ou sistemas ecológicos.

As comunidades aquáticas, de água doce ou marinha, compreendem três grupos de organismos: **plâncton**, **nécton** e **bentos**.

O plâncton é o conjunto dos organismos que vivem em suspensão na água, carregados passivamente pelas correntes. Na sua maioria são microscópicos. O plâncton compreende o **fitoplâncton** e o **zooplâncton**. As algas formam o **fitoplâncton**; e organismos heterótrofos, como microcrustáceos (pequenos crustáceos), larvas, cnidários, e protozoários, o **zooplâncton**. Em termos de nível trófico, o fitoplâncton corresponde aos produtores e o zooplâncton, aos consumidores primários ou herbívoros.

O **nécton** compreende o conjunto de organismos que conseguem nadar ativamente, superando a força da correnteza. Fazem parte desse grupo os peixes, mamíferos (baleia, golfinhos, focas, etc.), celenterados, répteis (tartarugas) e aves (pingüins).

Os **bentos** compreendem o conjunto de organismos que vivem fixos em algum substrato (**sésseis**) ou movem-se no fundo

(**errantes**), ou vivem enterrados no fundo (**tubícolas** ou **sedentários**).

Representam os bentos organismos como as esponjas, equinodermos e vermes tubícolas.

A figura da página seguinte mostra as relações alimentares entre os componentes de uma comunidade aquática.

7. Fatores Abióticos

7.1. Luz

Se não houvesse a luz proveniente do Sol, não haveria vida na Terra porque é a partir da energia luminosa que os vegetais produzem matéria orgânica para todos os seres vivos do nosso planeta. Essa energia é captada principalmente pelas algas que vivem no mar, responsáveis pela produção de cerca de 80% do oxigênio da nossa atmosfera.

No estrato do solo e das herbáceas, numa floresta pluvial tropical, há poucos vegetais fotossintetizantes devido à falta de luz. Caso semelhante ocorre no mar, lagos profundos e grandes, onde a luz penetra até certa profundidade. Essa parte iluminada, conhecida como zona **eufótica**, tem condições de desenvolver vegetais clorofilados, fotossintetizantes. A profundidade da zona eupótica depende da turbidez da água. A zona **afótica**, mais profunda, não recebe luz, o que torna impossível a sobrevivência dos fotoautótrofos, predominando os heterótrofos.

Em cavernas, devido à inexistência de luz, não há autótrofos.

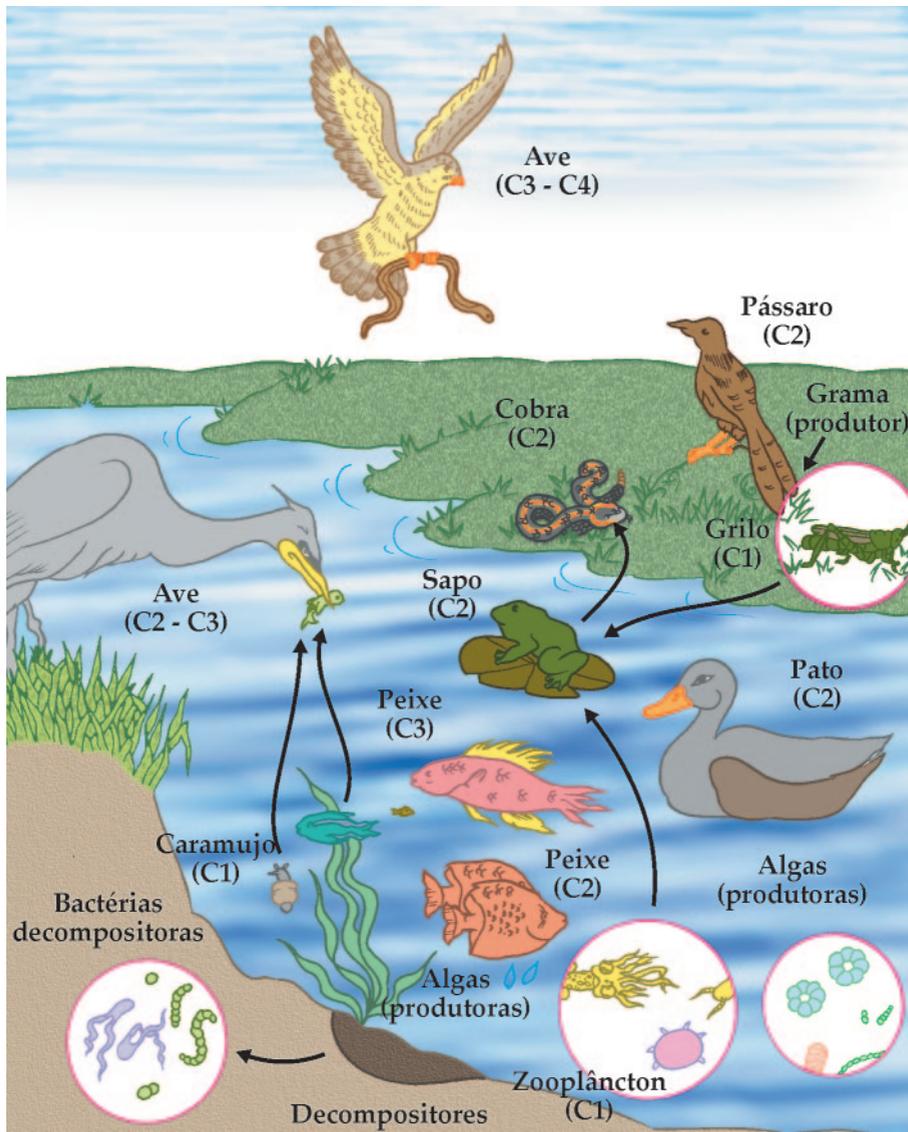
Para a maioria dos animais, inclusive o homem, a luz é uma das principais fontes de informação sobre o ambiente, por meio da visão.

Algumas atividades, como germinação de determinadas sementes, florescimento de certas plantas, migração de certos animais, troca de penas, são reguladas pela relação entre a duração do período iluminado do dia com o de escuro (fotoperiodismo).



Algumas sementes, como as da alfaca, por exemplo, apresentam baixo poder de germinação na ausência de luz (fotoblastismo positivo) enquanto as da abóbora germinam mais facilmente se forem enterradas, permanecendo no escuro (fotoblastismo negativo).

Conforme o período do dia no qual apresenta maior atividade, o animal pode ser classificado em portador de **hábitos diurnos**, como na maioria das aves; **crepusculares**, como grande parte dos insetos, principalmente os mosquitos (pernilongos); e **noturnos**, como muitos mamíferos, entre eles os morcegos e as raposas.



Relações alimentares numa comunidade de ecossistema aquático

7.2. Temperatura

Um dos fatores ambientais que mais limita a distribuição da vida na Terra é a temperatura, porque a organização dos seres vivos depende essencialmente de enzimas que podem ser desativadas em temperatura muito alta ou muito baixa. As enzimas, produtos fundamentais na fisiologia dos seres vivos, entre outros fatores, apresentam seus níveis de atividade em função da temperatura na qual se encontram.

Animais poicilotérmicos (*poikilos* = variado, *termo* = calor) apresentam distribuição geográfica limitada principalmente pela temperatura do ambiente. Assim, não encontramos anfíbios e répteis nos pólos ou em ambientes com médias de temperatura muito baixas. Animais de sangue frio, nas épocas frias, procuram abrigos, chegando alguns a se enterrarem no solo, reduzindo ao mínimo as suas atividades. Nesse caso, com temperatura corporal quase igual à do ambiente, conseguem suportar e superar o período de frio.

Aves e mamíferos compreendem os únicos animais homeotérmicos (*homeo* = semelhante, *termo* = calor), isto é, mantêm a temperatura corpórea constante, apesar das variações ambientais. Essa capacidade faz com que a distribuição geográfica desses animais não esteja restrita à temperatura ambiental.

As penas nas aves, pêlos nos mamíferos, e camada de gordura na hipoderme constituem estruturas importantes na manutenção da temperatura corpórea em ambientes frios. Para conseguirem se adaptar a ambientes muito quentes, apresentam perda de calor por meio da dilatação da circulação sanguínea periférica, transpiração pelo suor ou ofegação.

7.3. Água

Para os animais e os vegetais terrestres, conseguir água e evitar a perda dela constituem grandes problemas.

Os animais, para conseguirem água, locomovem-se à procura de rios, lagos ou outras fontes de água doce.

Vegetais, para conseguirem água, desenvolvem raízes profundas e ramificadas. Para evitar a perda d'água, apresentam revestimentos impermeáveis como a suberina, a cutina, além de estômatos que podem se fechar. Folhas transformadas em espinhos apresentam, desse modo, menor área de transpiração. Em plantas de regiões semi-áridas, os estômatos encontram-se "escondidos" e só se abrem durante a noite. Plantas adaptadas às regiões secas são chamadas *xerófitas* e a ambientes úmidos, *hidrófitas*.

Com a finalidade de reduzir as perdas d'água, os animais apresentam revestimentos impermeáveis, como a quitina (artrópodes) ou a queratina (répteis, aves e mamíferos).

7.4. Salinidade

Os sais minerais são importantes para a manutenção do metabolismo dos animais e vegetais.

Os animais adquirem os sais minerais através da ingestão de alimentos e água.

Os vegetais adquirem os sais minerais através da solução salina absorvida do solo por meio do seu sistema radicular.

O mar é um ambiente de elevada concentração de sais, fazendo com que os peixes percam grande quantidade de água por osmose. Para compensar essa perda, apresentam revestimento impermeável (escamas), produzem pouca urina, bebem muita água e suas brânquias eliminam **ativamente** o excesso de sais ingeridos. O inverso ocorre com o peixe de água doce.

A maior parte dos peixes não suporta a variação de salinidade entre a água doce e a marinha. Assim, um peixe marinho, ao ser colocado em ambiente de água doce, não resiste e morre, o mesmo ocorrendo com o peixe de água doce colocado no mar.

Alguns peixes, como salmões, toleram a variabilidade de salinidade; na época da desova, migram do mar para um rio de água doce.



8. Sucessão Ecológica

Os organismos que constituem uma comunidade, além de sofrerem influência, também provocam alterações no ambiente físico. Assim, os organismos da comunidade podem alterar a umidade, a temperatura, a luminosidade e a composição química do solo. Essas alterações físicas acabam influenciando e alterando a vida na comunidade. Desse modo, podem ser criadas condições favoráveis para que uma nova espécie se estabeleça ou desfavoreça a sobrevivência de uma espécie da comunidade. Essas mudanças na comunidade sempre tendem a levar a uma condição de estabilidade e equilíbrio, numa comunidade denominada **comunidade clímax**. A seqüência das etapas, para se chegar à comunidade clímax, é denominada **sucessão ecológica**.

A sucessão ecológica é um processo que ocorre em função das modificações ambientais locais, é ordenado e dirigido para atingir a **comunidade clímax**.

A sucessão, dependendo da sua etapa inicial, pode ser classificada em **primária** ou **secundária**.

É primária, quando o início da ocupação por seres vivos de um determinado ambiente ocorre sem que anteriormente tenha sido habitado. São ambientes adversos à ocupação por seres vivos, como, por exemplo, superfície de rochas nuas, dunas e lavas vulcânicas.

É secundária, quando os primeiros seres vivos se instalam num ambiente que anteriormente havia sido habitado. É o que ocorre, por exemplo, num terreno qualquer da cidade que foi "limpo" e, posteriormente, abandonado.

Anos após cultivo	Vegetação dominante	
1	Capim invasor	
2	Arbustos	
3	Arbustos	
5-15	Árvores – pinheiros	
25-50	Floresta de pinheiros	
150	Floresta no estágio clímax	

Os estágios de uma sucessão secundária num campo abandonado

9. Estágios de uma Sucessão Ecológica

Numa sucessão ecológica podem ser identificados vários estágios.

Cada etapa da sucessão ecológica, isto é, cada comunidade estabelecida, até atingir o clímax, é denominada **estágio seral** ou **série**. A primeira comunidade a se instalar é conhecida como **comunidade pioneira** ou **ecese**; a intermediária por **sere**; e a última como **comunidade clímax**.

No espaço inicial, a diversidade de espécies é baixa com grande predomínio de autótrofos. Nesse caso, a produtividade líquida é alta.

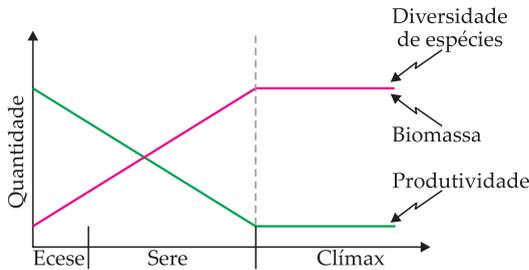
Analisando-se os estágios da sucessão ecológica, percebe-se que:

- a) no início, as espécies se alteram rapidamente;
- b) com o passar do tempo aumenta a diversidade de espécies;
- c) a biomassa da comunidade aumenta;
- d) as teias alimentares tornam-se complexas;
- e) a produtividade líquida (PPL) vai reduzindo.

Na comunidade clímax, a produtividade líquida é nula; portanto, tudo que nela é produzido nela mesma é consumido.

Assim, a floresta amazônica não pode ser chamada de **pulmão do mundo** porque é uma comunidade clímax. Todo o oxigênio que ela produz por fotossíntese é consumido pela respiração dos seres que dela participam.

Variações de biomassa, diversidade de espécies e produtividade durante a sucessão ecológica são representadas no gráfico a seguir:

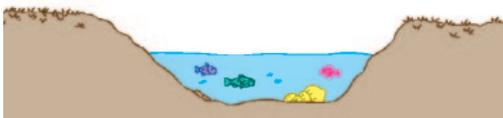


Espécie pioneira é a primeira espécie que se instala na sucessão ecológica. Quando a sucessão ecológica é a primária, o organismo pioneiro costuma ser o líquen. A sucessão secundária depende dos tipos de organismos que habitavam anteriormente o ambiente.

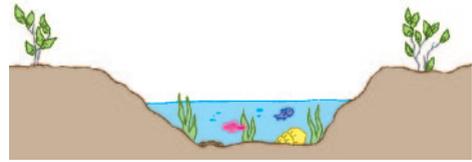
Por exemplo, num terreno "limpo", os organismos pioneiros, nas cidades brasileiras, costumam ser as gramíneas. Nas encostas da serra do Mar, após um deslizamento, na região da Baixada Santista, os organismos pioneiros costumam ser o manacá-da-serra e musgos.

A principal função das espécies pioneiras é que elas, ao se desenvolverem, criam condições para que novas espécies se instalem nesse ambiente.

Veja o exemplo de uma sucessão ecológica num lago:



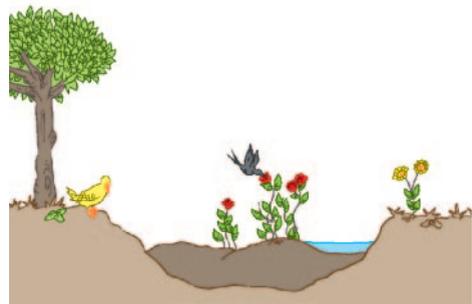
Na fase inicial, o fundo é nu e a cadeia alimentar é sustentada pelo plâncton.



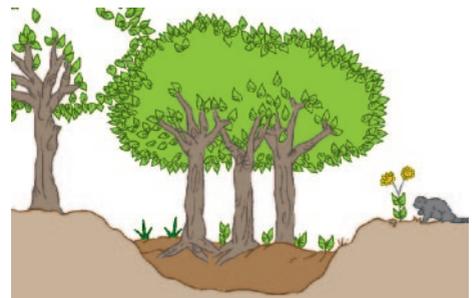
Desenvolvimento da vegetação submersa e deposição de material no fundo e nas margens.



A vegetação emergente aflora na superfície impedindo, muitas vezes, a penetração de luz para a vegetação submersa, que começa a desaparecer.



A continuação do processo de aterro transforma o lago em região pantanosa (bioma de transição).



Na fase final, a vegetação do tipo herbáceo e graminóide vai sendo progressivamente sucedida por vegetação de floresta (comunidade clímax).

Transformação gradual de um lago em floresta (seg. Buchsbaum, modificações).



Capítulo 04. Populações

1. Definição

A **população** compreende um conjunto de indivíduos da mesma espécie que coexistem numa determinada região, ao mesmo tempo.

Uma população é caracterizada pela sua densidade, natalidade, mortalidade, distribuição etária, potencial biótico, dispersão, forma de crescimento e sobrevivência.

2. Análise Quantitativa

2.1. Densidade Populacional

A densidade populacional é a relação que existe entre o número de indivíduos de uma população e o espaço ocupado por esta população, dependendo do tipo de habitat ocupado por ela.

$$D = \frac{n^{\circ} \text{ indivíduos}}{\text{espaço}}$$

O espaço pode ser considerado em área (m², km² etc) ou volume (m³, km³ etc).

Apesar de a densidade populacional expressar o tamanho da população, ela não revela como realmente os indivíduos estão distribuídos no espaço ocupado por esta população.

De acordo com as condições ambientais, de recursos naturais, podem existir áreas com maior densidade populacional do que outras dentro de uma região ocupada por certa população. É muito comum verificar essa diferença na densidade populacional humana, em que as metrópoles apresentam maior densidade populacional do que as áreas rurais.

Ao contrário, a densidade populacional de vegetais é maior nas áreas rurais do que nas áreas urbanas (metrópoles).

2.2. Taxa de Natalidade (N)

Compreende o número de nascimentos na população num determinado período.

$$\text{Natalidade} = \frac{\text{número de nascimentos}}{\text{tempo}}$$

A natalidade máxima ou absoluta ou fisiológica corresponde ao número de nascimentos da população quando em condições ideais, em que nada impede os nascimentos.

A natalidade ecológica ou realizada corresponde aos nascimentos que realmente ocorrem nas condições ambientais.

A natalidade ecológica é sempre menor que a fisiológica.

2.3. Taxa de Mortalidade (M)

Compreende o número de mortos da população num determinado período.

$$\text{Mortalidade} = \frac{\text{número de mortos}}{\text{tempo}}$$

2.4. Imigração e Emigração

Além das taxas de natalidade e mortalidade, as taxas de imigração e emigração também interferem na densidade populacional.

A taxa de imigração (I) é a velocidade com que indivíduos, provenientes de outras áreas, são incorporados a uma população.

A taxa de emigração (E) é a velocidade com que indivíduos de uma população saem para outras áreas.

Pelo que foi definido, percebemos que a natalidade e a imigração tendem a aumentar a densidade populacional, enquanto mortalidade e emigração tendem a diminuir a densidade populacional.



Isoladamente, a natalidade a mortalidade a imigração e a emigração pouco informam a respeito da população. Quando combinadas, podem fornecer o **índice de crescimento** (I.C.) da população.

$$I.C. = \frac{\text{natalidade} + \text{imigração}}{\text{mortalidade} + \text{emigração}}$$

Quando o I.C. > 1, significa que a natalidade é maior que a mortalidade e, por isso, a população está crescendo. Quando I.C. < 1, a população está em declínio. Quando I.C. = 1, significa que a população está em equilíbrio.

I.C. < 1 população diminuindo
I.C. = 1 população equilibrada
I.C. > 1 população crescendo

3. Potencial Biótico

Potencial biótico de uma população é a sua capacidade de aumentar o número de indivíduos em condições ideais. Compreende a sua capacidade máxima de reprodução (natalidade fisiológica) acrescida da capacidade máxima de sobrevivência.

Potencial biótico = natalidade fisiológica + capacidade de sobrevivência

Os seres vivos sempre originam um número muito maior de descendentes que o ambiente comporta. Darwin utilizou essa observação quando formulou a teoria da seleção natural.

Entretanto, verifica-se, na natureza, que os tamanhos das populações permanecem estáveis. Isso se deve a um conjunto de fatores que se opõem ao potencial biótico. Ao conjunto desses fatores dá-se o nome de **resistência ambiental**.

Gráfico representando a resistência ambiental:



As diferentes populações apresentam potenciais bióticos variados. Um casal da espécie humana tem um potencial biótico reduzido, pois, teoricamente, este casal deixará apenas um descendente a cada ano, em condições normais.

Já insetos, coelhos, peixes, ratos apresentam potencial biótico bem maior do que a espécie humana.

O potencial biótico das populações é equilibrado pela resistência ambiental, representada pelos mecanismos da seleção natural, como o predatismo, parasitismo, competições, etc.

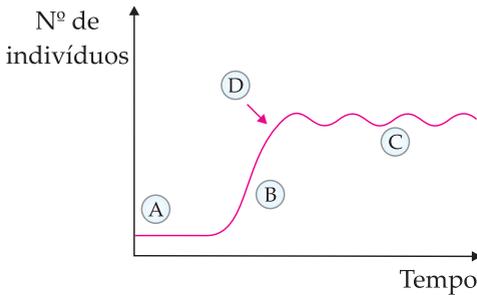


4. Crescimento Populacional

Como já mencionado, o crescimento de uma população depende de fatores como natalidade, mortalidade, imigração, emigração e da resistência ambiental.

A resistência imposta pelo ambiente ao crescimento populacional pode ser interpretada como sendo a ação da seleção natural sobre as populações naturais.

O **crescimento populacional** pode ser representado graficamente. Para as populações naturais, de um modo geral, a **curva de crescimento** populacional é do tipo sigmóide ou curva em "S".



A – Período de crescimento lento: período de adaptação da população às condições ambientais.

B – Período de crescimento rápido: grande número de indivíduos com capacidade reprodutiva.

C – Período de estabilidade populacional: o tamanho populacional varia em torno de uma média.

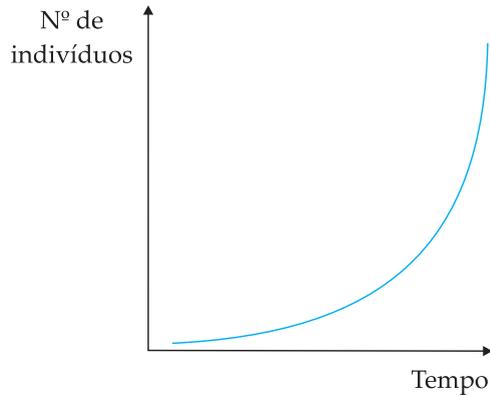
D – Ação efetiva da resistência ambiental: seleção natural.

O crescimento inicial é lento porque há um número pequeno de indivíduos. Numa segunda fase, o crescimento é intenso, exponencial, devido à alta taxa de reprodução. Esse crescimento perdura até se aproximar dos limites impostos pelo meio, quando a resistência ambiental passa a ser fator decisivo no tamanho da população. A partir daí, a população entra em equilíbrio, apre-

sentando pequenas oscilações em torno de uma média.

Outro gráfico de crescimento populacional é a curva em "J", isto é, exponencial. É uma curva típica de populações jovens. Essa forma de crescimento ocorre na população mundial humana.

Curva de crescimento populacional humano



Pelo gráfico podemos perceber que a população humana é uma população de crescimento contínuo.

E a resistência ambiental? A população humana não sofre a ação da seleção natural?

Podemos dizer, de um modo geral, que as técnicas de produção de alimentos, os avanços da medicina, a produção de remédios e antibióticos, as técnicas de conservação de alimentos, o saneamento básico etc. têm contribuído muito para o crescimento e a longevidade das populações humanas, apesar de seu potencial biótico não ser elevado como o de insetos, coelhos ou peixes.

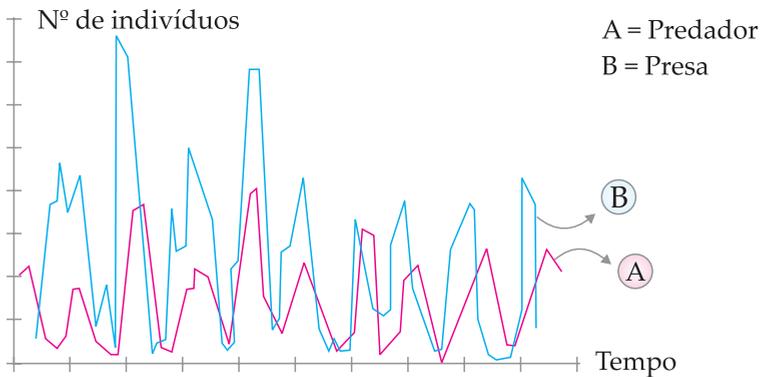
Comparando as curvas de crescimento populacional humano com as das populações naturais, podemos notar que os padrões são diferentes, porque, até o momento, o crescimento populacional humano é contínuo e não atingiu ainda a estabilidade típica das populações naturais.

5. Controle Populacional

Os tamanhos das populações naturais podem ser controlados por meio de relações ecológicas como o predatismo e o parasitismo.

A relação predador × presa é um exemplo de controle populacional mútuo. A população de predadores determina o tamanho da população de presas pelo ato da predação. A população de presas determina o tamanho da população de predadores pela disponibilidade de alimentos.

O gráfico a seguir representa a oscilação populacional de presas e predadores.



Outro mecanismo de controle populacional é o parasitismo por meio da relação parasita × hospedeiro.

Do mesmo modo que na relação predador x presa, a relação parasita × hospedeiro tende ao equilíbrio das populações.

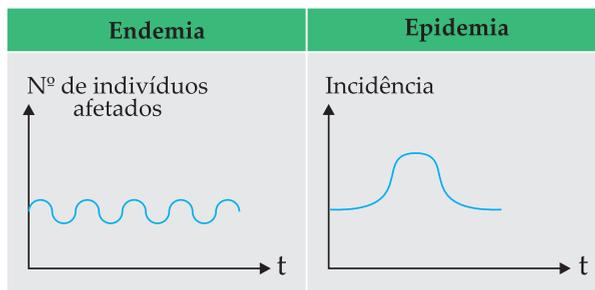
O parasita pode manter com o hospedeiro uma relação **endêmica** ou **epidêmica**.

A relação é endêmica quando o número de hospedeiros parasitados numa população é estável, podendo se fazer uma previsão do número de futuros parasitados.

A relação passa a ser de **surto** ou epidêmica, quando o número de hospedeiros parasitados ultrapassa exageradamente o número previsto.

A relação é **pandêmica** quando surgem vários focos epidêmicos em áreas diferentes e ao mesmo tempo.

Os gráficos a seguir mostram a diferença do comportamento das endemias e das epidemias nas populações ao longo do tempo.





6. Controle Biológico

O controle populacional das chamadas pragas da agricultura passa por dois caminhos: o uso de agrotóxicos e o controle biológico.

O uso de agrotóxicos aparentemente é mais fácil e com resultados praticamente imediatos. A indústria química dos agrotóxicos já produziu inúmeras substâncias utilizadas no combate a lagartas, fungos, bactérias, pulgões, formigas, cupins, dentre muitas outras espécies que utilizam as plantas como fonte de alimentos.

Hoje sabemos que essas substâncias têm efeito cumulativo ao longo das cadeias alimentares, além de efeitos nocivos, muitas vezes cancerígenos, para os seres vivos e em particular para os seres humanos.

Com a preocupação de preservar a saúde dos seres vivos e manter a integridade dos ecossistemas, muitas pesquisas nas ciências biológicas levaram aos conhecimentos sobre o controle biológico de pragas na lavoura.

O controle biológico consiste de técnicas de controle populacional baseado nos conhecimentos biológicos sobre determinadas espécies, incluindo estudos sobre ciclos de vida, modos de reprodução, alimentação e, particularmente, o conhecimento das relações ecológicas que envolvem as espécies de que se deseja fazer o controle populacional.

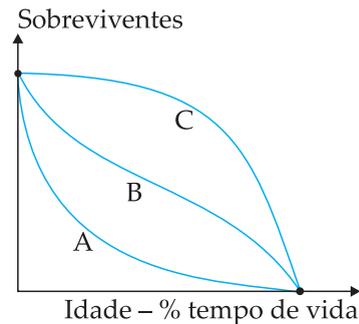
O **controle biológico** em lavouras usa a relação parasita \times hospedeiro no controle das pragas, uma vez que o parasita tende a ser específico em relação ao hospedeiro. Usando-se um parasita específico, consegue-se controlar a praga, evitando-se com isso a utilização de agrotóxicos.

A relação predador \times presa, para efeito de controle biológico, não é recomendável porque o predador não apresenta especialização nos hábitos alimentares. Na falta de uma determinada espécie de presa, o predador passa a se alimentar de outra.

Como a relação predador \times presa não é especializada, o próprio predador pode tornar-se uma praga numa região se suas presas forem eliminadas com eficiência num curto espaço de tempo. Isso pode ocorrer justamente pelo fato de o predador poder se alimentar de várias fontes de alimento num certo ecossistema.

Outra forma de se analisar a população é por meio das **curvas de sobrevivência**. Nelas está relacionado o número de sobreviventes em função da idade.

Curva de sobrevivência



Na curva "A", percebe-se uma alta taxa de mortalidade entre jovens. Os que superam essa fase inicial tendem a ter boa expectativa de vida. Essa curva é característica de animais que apresentam uma fase larval. As larvas são intensamente predadas, apresentando alta taxa de mortalidade. Vencida essa fase, na fase de adulto conseguem ter melhores condições de sobrevivência.

Na curva "B", a taxa de mortalidade está estável e igual nas diferentes idades. É uma curva de sobrevivência típica de população natural em equilíbrio.

Na curva "C", observa-se que a taxa de mortalidade é baixa entre os jovens e só aumenta a partir de certa idade, próxima à idade de término de vida. Ela é típica de animais que vivem em grupo e que protegem e cuidam das suas crias.

Capítulo 05. Desequilíbrios Ambientais

1. Introdução

A poluição ambiental, a poluição sonora e a poluição visual são muito comuns na vida do ser humano.

Cada vez mais, a espécie humana provoca alterações em seu ambiente, com atividades industriais, prática agrícola, construção de habitações e produção de toneladas de lixo doméstico, industrial e hospitalar. Todos os dias, é lançada nos rios e oceanos grande quantidade de esgoto sem tratamento prévio.

Vamos caracterizar as diferentes formas de poluição e suas conseqüências ambientais.

Poluente é toda substância ou fator que, atingindo certa concentração, passa a ser prejudicial ao ambiente e à saúde dos seres vivos.

2. Poluição do Ar

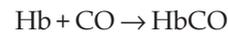
A poluição do ar é causada por todas as formas de **combustão** realizadas em automóveis, indústrias, usinas termelétricas e queimadas.

Por meio das combustões, são liberados para a atmosfera vários gases tóxicos para a espécie humana e para os seres vivos em geral.

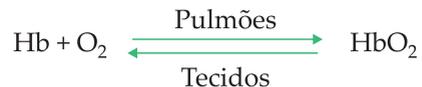
A qualidade do ar é afetada pelas atividades humanas. O deslocamento das pessoas com a utilização de veículos que consomem combustíveis fósseis, como a gasolina e o óleo diesel, modifica a composição da atmosfera com a liberação de monóxido de carbono, óxido de enxofre, dióxido de carbono e outros.

O CO (monóxido de carbono), liberado a partir da queima de combustíveis fósseis, apresenta alta afinidade pela hemoglobina das hemácias, podendo levar um indivíduo à morte por asfixia.

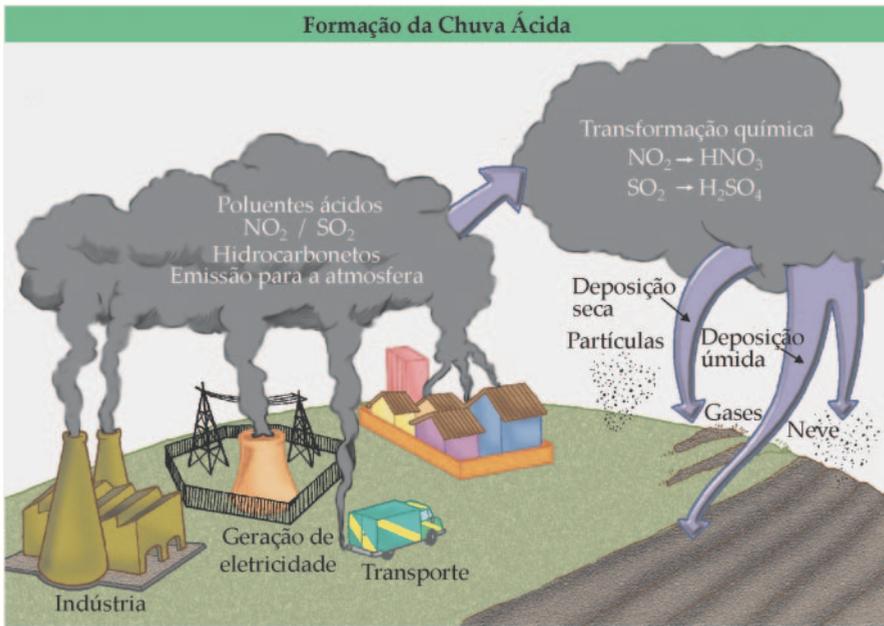
O monóxido de carbono ligado à hemoglobina forma um composto muito estável, denominado carboxiemoglobina (HbCO).



O HbCO é mais estável que o HbO₂ (oxiemoglobina), podendo ocorrer a falta total de oxigênio para as células e, conseqüentemente, a falta de ATP, o qual é produzido na cadeia respiratória do processo de respiração aeróbica que ocorre nas mitocôndrias. O esquema a seguir mostra a formação da oxiemoglobina nos pulmões e a liberação do O₂ para as células dos tecidos do corpo.



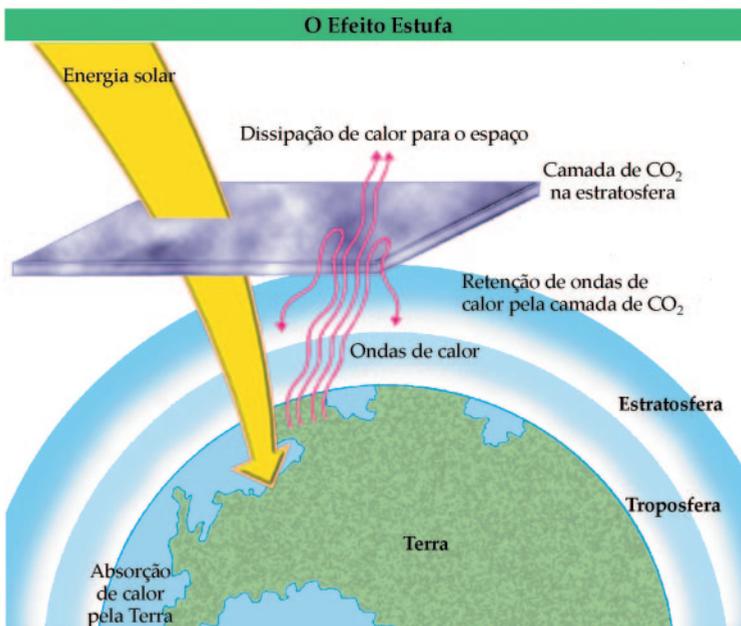
O SO₂ (dióxido de enxofre), liberado na queima de óleo diesel e carvão mineral, combinado com oxigênio e água, forma o ácido sulfúrico (H₂SO₄), que é altamente corrosivo, formando a **chuva ácida**, que ataca mármore, latarias de carros, grades metálicas e, em contato com as vias respiratórias, provoca bronquite, asma e até a destruição de alvéolos pulmonares.



O CO_2 (dióxido de carbono), liberado na queima dos combustíveis fósseis, torna-se poluente responsável pelo efeito estufa do planeta. Esse fenômeno físico é importante para a manutenção da vida no planeta, garantindo uma temperatura ideal para as atividades dos seres vivos. Segundo muitos ci-

entistas, o efeito estufa, em grandes proporções, pode ser extremamente prejudicial aos seres vivos, que ficariam expostos a altas temperaturas.

A figura a seguir mostra o esquema do efeito estufa provocado pelo acúmulo do gás carbônico na atmosfera do planeta.



O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre em nosso planeta, mas em grandes proporções será prejudicial para as espécies dos diferentes ecossistemas terrestres e aquáticos.

Os gases presentes na atmosfera, como CO_2 e vapor d'água, possuem a propriedade de retenção de calor, mantendo a temperatura média do planeta Terra ao redor de 18°C .

Sem o efeito estufa, a temperatura média da Terra seria ao redor de -15°C . O fenômeno natural do efeito estufa garante temperatura compatível com a vida na Terra.

Muitos cientistas afirmam que a temperatura do planeta está aumentando, e a maior consequência desse fato seria o degelo dos pólos a longo prazo, provocando alterações

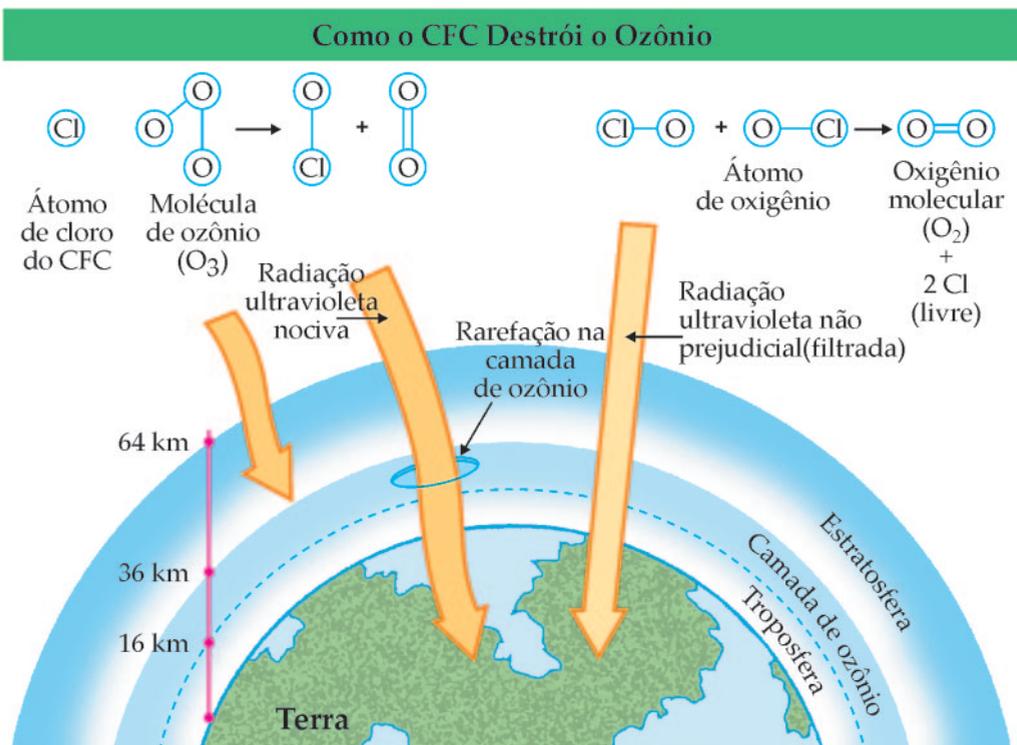
nos níveis dos mares e inundações de áreas litorâneas.

As atividades industriais de refrigeração, como geladeiras, condicionadores de ar, *freezers* e as embalagens de *sprays* podem liberar para a atmosfera o gás CFC (clorofluorcarbono), que é prejudicial à camada de ozônio.

A **degradação da camada de ozônio** é extremamente prejudicial à saúde dos seres vivos, pois ela funciona como um filtro protetor contra radiações ultravioleta provenientes do Sol.

O excesso de radiação ultravioleta pode provocar câncer de pele, queimaduras na superfície dos corpos de animais e vegetais e mutações no material genético dos seres vivos.

A figura abaixo ilustra a ação do CFC sobre a camada de ozônio.



Apesar de em muitas atividades industriais o CFC estar sendo substituído por gases que não afetam a camada de ozônio, a destruição deste filtro natural contra excesso de radiação ultravioleta ainda é um problema sério a ser resolvido pela espécie humana.



Um outro problema de poluição ambiental, mais especificamente a poluição do ar, está nas atividades de queimadas.

Em regiões de monocultura da cana, ocorre a prática das queimadas para facilitar o corte da cana. Apesar de já existir a coleta mecanizada da cana, as queimadas, que liberam muita fuligem para a atmosfera, ainda marcam nossa paisagem durante os períodos noturnos.

Além da fuligem, são liberados gases tóxicos na atmosfera e o excesso de calor é extremamente prejudicial à população microbiana do solo.



A queimada no canavial para facilitar a coleta da cana

3. Poluição da Água e do Solo

3.1. Metais Pesados

Muitas atividades humanas levam à poluição da água e do solo, como a atividade do garimpo que, além de provocar prejuízos às **matas ciliares** dos rios, também os contamina com metais pesados como o **mercúrio**.

O mercúrio é usado no garimpo para fazer liga com o ouro, a qual é desfeita pelo calor do fogo, liberando vapores de mercúrio, contaminando a água e o ar. Esse metal apresenta **efeito cumulativo** nas cadeias alimentares, provocando distúrbios no sistema nervoso, cegueira, pés e mãos retorcidos nos fetos, úlceras nas gengivas e perda de tato.



Atividade de garimpo

Além da atividade de garimpo, também utilizam o mercúrio as indústrias químicas de produção de fungicidas e pesticidas de modo geral.

Desde 1930, uma indústria química do Japão, instalada próxima à baía de Minamata, lançava os seus esgotos, contaminados por mercúrio, nessa baía. Em 1950, os primeiros sintomas dessa contaminação foram percebidos em peixes, moluscos e pássaros que morriam. Em 1956 foi registrado o primeiro caso de intoxicação em humanos: uma criança com danos cerebrais, cegueira e perda da coordenação nervosa. Depois desse registro, vários outros ocorreram nos anos seguintes e passou-se a falar em doença ou **mal de Minamata**.

O chumbo é liberado no ambiente pela queima da gasolina e pelas indústrias de cristais e fundição, provocando uma doença chamada saturnismo, caracterizada por perturbações nervosas, nefrites crônicas, paralisia cerebral, anemia e perda de peso.

3.2. Petróleo

Um outro problema de contaminação das águas é o do derramamento de óleo e petróleo nos mares.

Muitos acidentes com navios petroleiros liberam grande quantidade de óleo na água, causando enorme prejuízo ao fitoplâncton e aos animais marinhos como aves, peixes e mariscos, entre outros.



O derramamento de óleo no mar

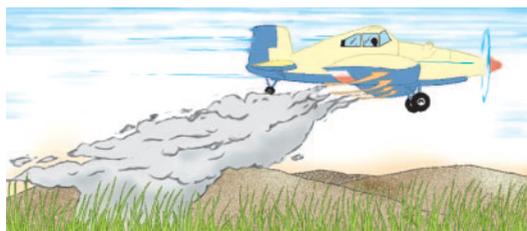
O óleo dificulta a passagem da radiação solar através da água, diminuindo a taxa de fotossíntese pelo fitoplâncton.

3.3. Agrotóxicos e Magnificação Trófica

A atividade agrícola pode ser um problema de poluição ambiental.

Muitos produtos químicos usados pelo homem no combate a pragas na lavoura podem ser extremamente prejudiciais ao ambiente e à saúde humana.

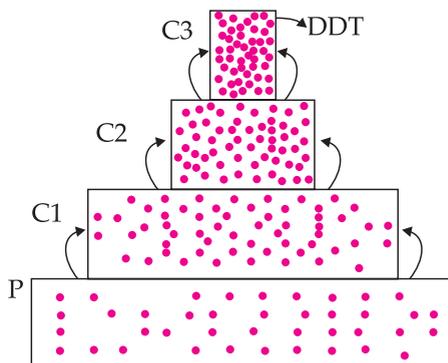
Substâncias como inseticidas, fungicidas, herbicidas, entre outras, quando estão em alta concentração, provocam envenenamento dos alimentos, podendo ser cancerosos e prejudiciais ao sistema nervoso. Essas substâncias apresentam efeito cumulativo nas cadeias alimentares.



A pulverização da lavoura com agrotóxicos

Os compostos fosfatados inibem a ação da colinesterase que degrada a acetilcolina, causando tremores e paralisia muscular, dificuldade respiratória e até a morte.

Os compostos clorados como o BHC e o DDT são pouco biodegradáveis e possuem efeito cumulativo nas cadeias alimentares, podendo provocar esterilidade em aves e problemas de calcificação em cascas de ovos, afetando também a população microbiana do solo.



O efeito cumulativo de DDT numa cadeia alimentar.



3.4. Eutrofização

A poluição das águas com compostos orgânicos pode causar o fenômeno da eutrofização.

A eutrofização é caracterizada pelo aumento da quantidade de nutrientes na água, favorecendo a proliferação de microorganismos como algas e bactérias.



As causas da eutrofização na água

Esse fenômeno pode estar associado à atividade humana, como a liberação de esgotos e lixos em rios e oceanos ou a utilização de **agrotóxicos** na lavoura, que acabam chegando às águas pelo fenômeno da **lixiviação**. Em condições naturais, os acúmulos de fezes de pássaros, por exemplo, podem levar ao mesmo fenômeno.

O aumento da quantidade de nutrientes, como compostos nitrogenados, fosforados, carbonatos, entre outros, favorece a proliferação de algas sobre a superfície da água, recobrando-a, alterando a luminosidade e a oxigenação para as populações aquáticas, levando-as à morte.

Essa situação favorece a proliferação de **microorganismos decompositores** que consomem oxigênio da água, tornando o **ambiente anaeróbico** e impróprio para os **seres aeróbicos**.

O ambiente anaeróbico é caracterizado por ser malcheiroso em razão da liberação do H_2S , produzido pela atividade de bactérias anaeróbicas.

Os ambientes aquáticos onde ocorre o fenômeno da eutrofização são paisagens de alta taxa de mortalidade, pouca diversidade de vida e de cheiro desagradável.

3.5. Radioatividade

A necessidade energética do ser humano para manter suas atividades levou-o a desenvolver a tecnologia da energia nuclear. Muitas usinas nucleares foram construídas e, no Brasil, estão em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro.

A presença de usinas nucleares e as armas nucleares passaram a ser também mais um motivo de preocupação com a poluição ambiental. Nesse aspecto, agora falamos em poluição por radioatividade, isto é, a presença de elementos radioativos no ambiente em quantidades não controladas.

A radioatividade até certas doses é perfeitamente tolerável pelos seres vivos, mas, em altas intensidades, a radioatividade pode lhes ser muito prejudicial à saúde.

A contaminação por estrôncio 90 pode levar à anemia e à leucemia, pelo fato de ficar incorporado no sistema esquelético do indivíduo.

A contaminação por iodo 129 e 131, que se alojam na tireóide, reduz a atividade dessa glândula, podendo causar-lhe câncer. Este elemento radioativo foi liberado no acidente nuclear de Chernobyl, em 1986. Essa radiação chegou a atingir a Europa.

O céσιο 137 pode ficar incorporado aos músculos, fígado, baço, afetar a medula óssea, podendo causar distrofia muscular, quemaduras pelo corpo, queda de cabelos e até a morte.

Capítulo 06. Origem da Vida

1. Introdução

A evolução é a área da biologia que estuda os mecanismos de adaptações e transformações dos seres vivos, assim como as relações de parentesco entre as diferentes espécies.

No processo evolutivo das espécies é possível o surgimento de novas espécies (especiação) ou a extinção, quando o poder de adaptação da espécie deixa de ocorrer devido a mudanças ambientais ou pela ação do ser humano.

Uma característica do ser humano é a sua curiosidade. É com ela que se iniciam as grandes descobertas nas várias áreas do saber e também ela se relaciona com a procura de soluções para os problemas pelos quais o homem passa no seu cotidiano.

Talvez a maior de todas as curiosidades do ser humano seja a de como surgiu a vida no planeta Terra, de como surgiu o primeiro ser vivo e qual a origem da própria espécie humana.

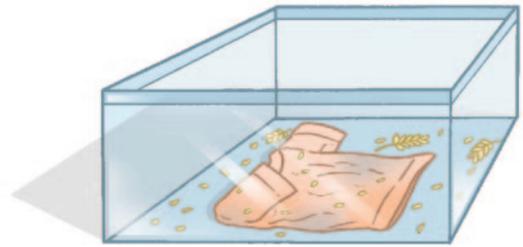
2. Geração Espontânea ou Abiogênese

As primeiras idéias sobre a origem da vida propõem seu surgimento por geração espontânea. Isso significa que a vida teria surgido a partir de matéria bruta ou inanimada.

Exemplos de algumas observações que reforçam esta idéia:

- aparecimento de larvas de insetos sobre lixo em decomposição: acreditava-se que o lixo gerava as moscas;
- surgimento de girinos em poças de água, de um dia para outro: acreditava-se que os girinos “brotavam” da lama da poça d’água.

Até o final da Idade Média, cientistas como Willian Harvey, René Descartes e Isaac Newton aceitavam a geração espontânea. Jean Baptiste Van Helmont, médico de Bruxelas, no final do século XVI, chegou a elaborar uma receita para obtenção de ratos a partir do trigo:



Receiente com camisa suja de suor e grãos de trigo

Helmont afirmava que era possível o surgimento de ratos espontaneamente, em 21 dias, a partir de grãos de trigo e uma camisa suja com suor humano, que deveriam ser deixados num local escuro. Após três semanas apareceriam os ratos a partir dos grãos de trigo, sendo o suor humano o princípio ativador dessa transformação.

Observação

Após três semanas, nota-se presença de ratos.

Conclusão

Devido ao cheiro emanado pelo suor, o trigo transformava-se em ratos.

O que possibilitava a um material ter capacidade de dar origem à vida era um “princípio ativo”. Na experiência de Helmont, o “princípio ativo” estaria presente no suor humano.

A hipótese de geração espontânea ou abiogênese, que surgiu na época de Aristóteles, perdurou até a metade do século XVII, quando cientistas como Francesco Redi e Louis Pasteur montaram experimentos que demonstraram que uma forma de vida só pode surgir de um ser vivo preexistente.



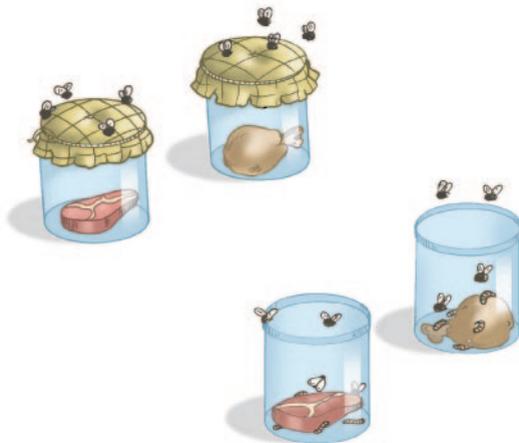
Os experimentos de Redi e Pasteur consolidaram a Biogênese, que admite que uma forma de vida só pode surgir de uma forma de vida preexistente, mas não explicaram e até hoje não temos explicação convincente, ou talvez nunca a teremos, de como surgiu a vida neste planeta!

3. Abiogênese X Biogênese

3.1. A Experiência de Redi

Em 1668, Francesco Redi, médico italiano, elaborou experiências para testar a hipótese da biogênese, contrária à hipótese da geração espontânea.

Redi colocou, dentro de frascos, pedaços de carne, dividindo os frascos em dois grupos: um grupo de frascos ficou tampado com gaze, e no outro grupo, os frascos ficaram abertos.



A hipótese testada era a de que se a partir da carne surgiam larvas (vermes) por geração espontânea, então deveriam surgir larvas (vermes) nos dois grupos de frascos.

As observações do experimento mostraram que moscas visitavam a carne dos frascos abertos e não podiam entrar em frascos cobertos com gaze.

Depois de muitos dias surgiram larvas apenas nos frascos abertos, expostos às moscas.

Hipótese

As larvas surgiam de ovos depositados por moscas que penetraram nos frascos abertos e não diretamente do material orgânico em decomposição.

Resultado

Nos frascos abertos, surgiram larvas. Nos frascos fechados, **não** surgiram larvas.

Conclusão

A hipótese é correta, isto é, pode ser aceita.

A partir dessa experiência, a teoria da abiogênese ficou em esquecimento, principalmente em relação a organismos de grande porte.

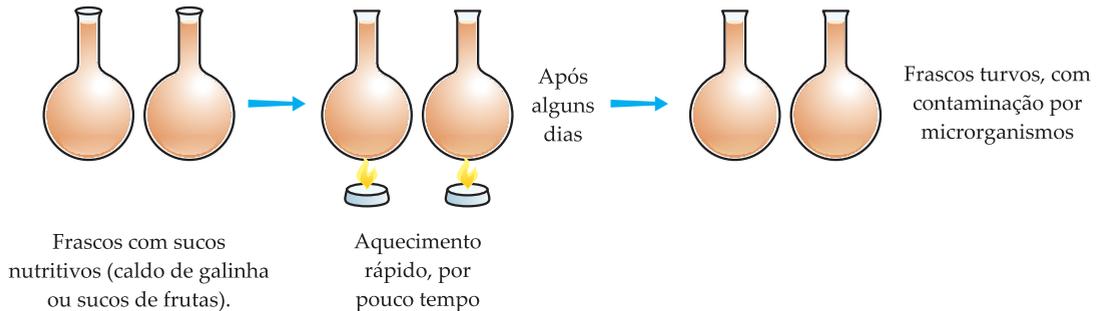
Após alguns anos, ocorreu o aperfeiçoamento do microscópio e a evidência de organismos muito simples. Não se acreditava que organismos tão simples tivessem um processo de reprodução. Aceitava-se que surgissem a partir da matéria bruta.

A geração espontânea (abiogênese) volta a ser considerada viável.

3.2. As Idéias de Needham e Spallanzani

Na metade do século XVIII, estes dois cientistas tinham idéias diferentes sobre a origem da vida, e elaboraram experiências para comprovarem suas idéias, as quais podem ser esquematizadas, como mostramos a seguir.

Needham (1745): idéias favoráveis à geração espontânea



Hipótese

O caldo nutritivo teria capacidade de gerar vida, por ter um princípio ativo.

Resultado

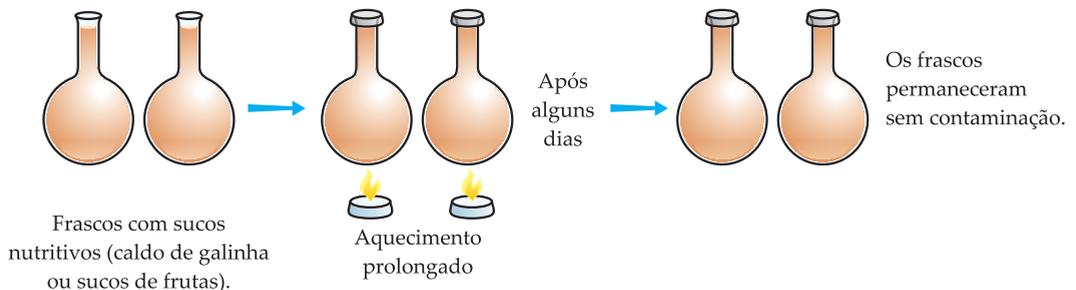
Os frascos tornaram-se turvos, cheios de microrganismos.

Conclusão

O caldo nutritivo era capaz de gerar vida, isso é, microrganismos.

Podemos notar pelos conhecimentos sobre reprodução e crescimento de microrganismos que as observações e conclusões de Needham foram inadequadas, pois não existiam “frascos controle” da experiência e todos eles ficaram expostos ao ar.

Spallanzani: idéias favoráveis à biogênese.



Hipótese

O caldo nutritivo não teria capacidade de gerar vida.

Resultado

Os frascos com caldo nutritivo permaneceram sem contaminação.

Conclusão

A esterilização manteve os frascos sem contaminação. Não existia princípio ativo no caldo nutritivo. O procedimento de Needham levou-o a conclusões erradas.

Spallanzani dizia que Needham, com seu procedimento, havia permitido a permanência de microrganismos que naturalmente estavam contaminando o meio de cultura que estava dentro dos frascos.

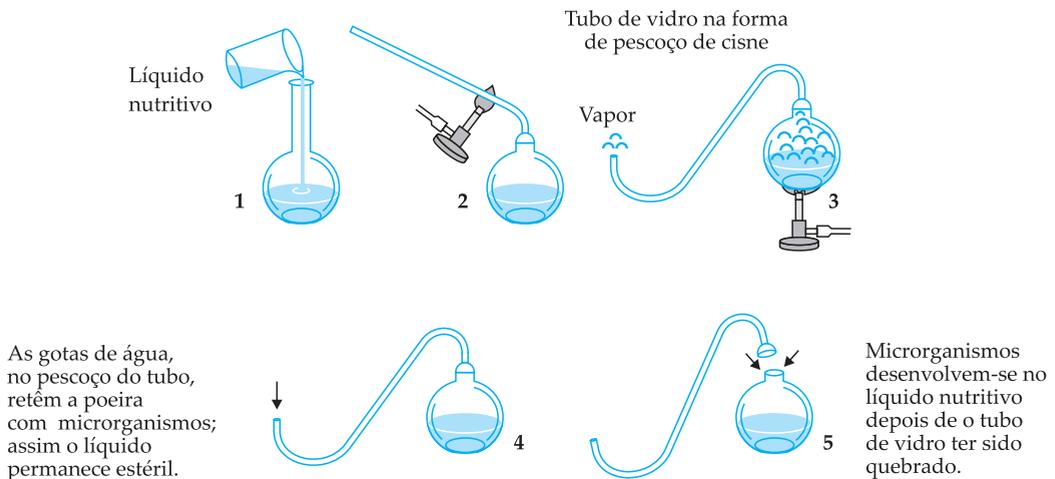


Needham dizia que Spallanzani teria provocado a destruição do “princípio ativo” do caldo nutritivo com o aquecimento prolongado dos frascos que continham o meio de cultura, e estes então não poderiam originar vida.

E ainda nessa época a teoria da geração espontânea continuou com muitos adeptos.

3.3. A Experiência de Louis Pasteur

Pasteur, cientista francês, em 1860 acabou definitivamente com a teoria da geração espontânea, ou abiogênese, por meio da experiência com frasco pescoço de cisne, esquematizada a seguir:



Louis Pasteur

Hipótese

A vida só pode surgir a partir de outra forma de vida preexistente (Biogênese).

Resultado

O caldo nutritivo ficou repleto de microrganismos após o contato com o ar (contaminado com microrganismos), com a retirada do tubo com curvatura.

Conclusão

Os microrganismos que aparecem no caldo nutritivo estavam no ar que o contaminou. A biogênese passa a ser aceita definitivamente.

Apesar da experiência de Pasteur derrubar definitivamente a teoria da abiogênese, ela não responde à pergunta: como surgiu a vida?

4. As Idéias de Oparin

Oparin, bioquímico russo, em 1920 propôs uma seqüência de fatos que teriam levado à origem da primeira forma de vida no planeta.

Segundo Oparin, nas condições da atmosfera primitiva, existia vapor de água (H_2O), metano (CH_4), amônia (NH_3) e hidrogênio (H_2). Essas substâncias simples, na presença de fontes de energia (radiação ultravioleta e descargas elétricas), teriam dado origem a substâncias complexas como aminoácidos e nucleotídeos.



Uma provável paisagem da atmosfera primitiva (atividade vulcânica, altas temperaturas, descargas elétricas e radiação UV)

A atmosfera primitiva é definida como sendo a atmosfera terrestre de aproximadamente 4,5 bilhões de anos atrás.

Segundo Oparin, essas condições seriam:

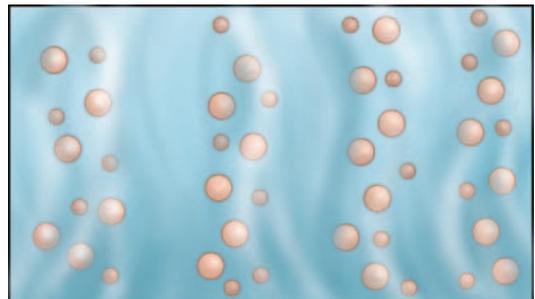
- superfície terrestre muito quente, ocorrendo constante evaporação e condensação da água, iniciando assim o ciclo das chuvas;
- descargas elétricas;
- radiação ultravioleta,
- presença de metano (CH_4), amônia (NH_3), hidrogênio (H_2) e vapor de água.

As ligações químicas destas substâncias poderiam ser rompidas e ligadas de modo diferente, aparecendo as primeiras substâncias orgânicas complexas como **aminoácidos** e **nucleotídeos**.

Poderia ter ocorrido o seguinte:

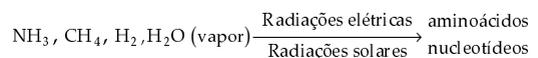
Os aminoácidos teriam, por meio de reações químicas, originado proteínas, que seriam levadas para os mares em formação (sopa orgânica).

Essas proteínas, em meio líquido, formariam agregados chamados coacervatos. Esses coacervatos estariam longe de serem seres vivos.

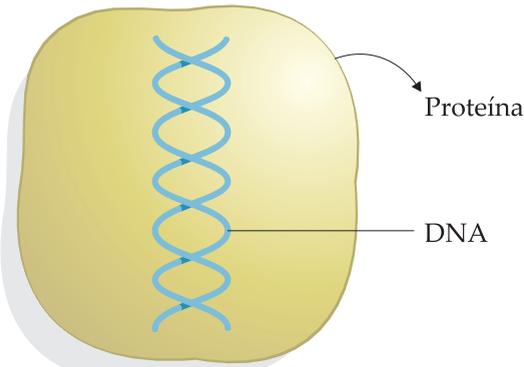


Coacervatos (proteínas + água)

Acredita-se que a idade da Terra seja de aproximadamente 4,5 bilhões de anos e que no primeiro bilhão de anos tenha ocorrido evolução química ou pré-biológica, em que, a partir de substâncias simples, tenham se formado substâncias complexas.



Após milhões de anos devem ter surgido os primeiros seres vivos. Isso pode ter ocorrido após milhões de colisões entre as moléculas, resultando uma associação entre moléculas de proteínas e ácidos nucleicos, originando um ser vivo simples com uma organização semelhante à esquematizada a seguir.

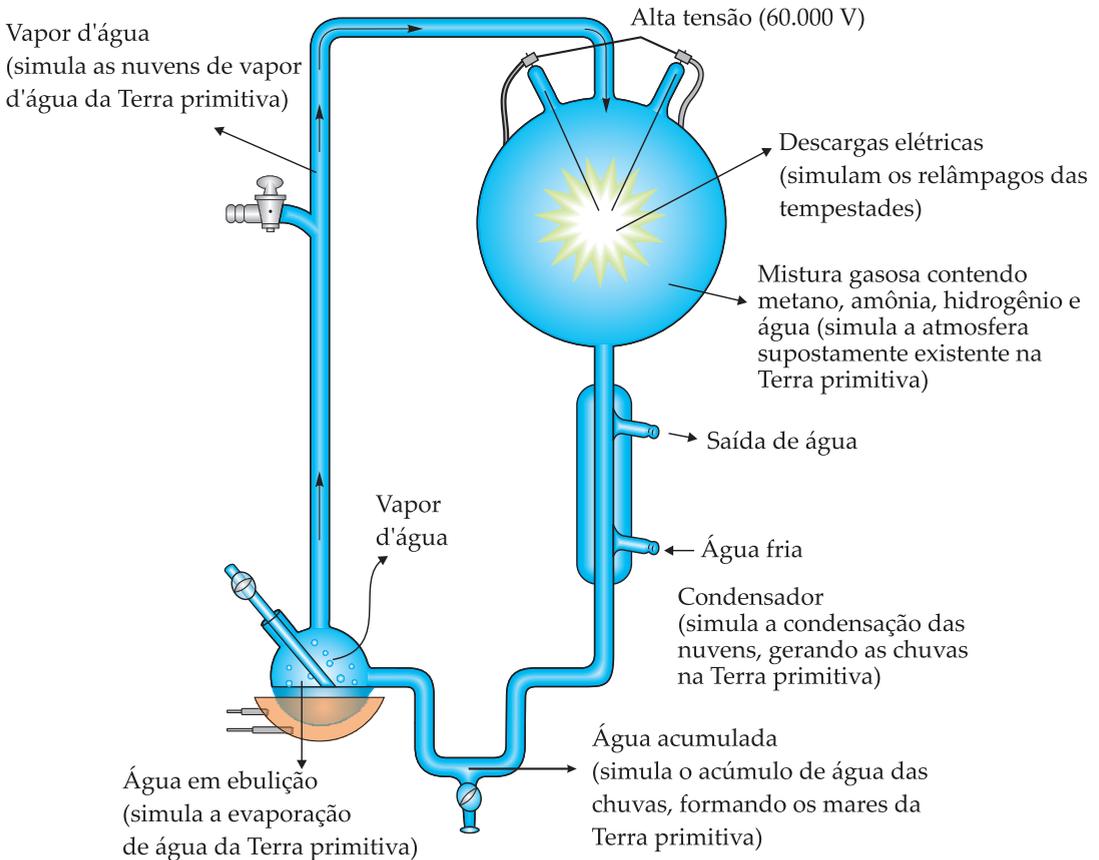


A provável organização do primeiro ser vivo.

Tal organização é semelhante à organização de uma bactéria conhecida atualmente. A partir dessa organização, por divisão binária teriam surgido outros seres vivos de organização procarionte, anaeróbicos, fermentadores e heterótrofos.

5. A Experiência de Miller

A hipótese de Oparin foi testada pela primeira vez por um químico de 25 anos chamado S. L. Miller, que simulou as condições da atmosfera primitiva no aparelho esquematizado a seguir.



Miller testou a idéia de que, se na atmosfera primitiva as descargas elétricas poderiam modificar os gases existentes e transformá-los em compostos orgânicos, então em laboratório deveria ocorrer a mesma coisa, simulando as condições propostas por Oparin.

Nesse aparelho fez circular uma mistura de gases e vapor d'água, com fornecimento de descargas elétricas, sendo mantida a circulação da mistura por evaporação e condensação da mesma por aquecimento e resfriamento do sistema. Após uma semana, a água do tubo em "U" (reservatório), foi analisada, sendo verificada a presença de aminoácidos, além de outras moléculas orgânicas.

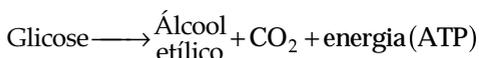
Conclui-se dessa experiência que, se existiam as condições mencionadas por Oparin, o aparecimento de moléculas orgânicas complexas na atmosfera primitiva era possível.

6. A Energia para a Vida

Todo ser vivo, para manter suas atividades vitais, como locomoção, respiração, reprodução, excreção, divisão celular, isto é, para realizar trabalho celular, gasta energia (ATP) que é obtida através da quebra das moléculas contidas nos alimentos, principalmente nos açúcares.

Acredita-se que os primeiros seres vivos eram heterótrofos (Hipótese Heterotrófica), pois possuíam um equipamento bioquímico mais simples que os autótrofos. Esses primeiros heterótrofos alimentavam-se provavelmente dos **coacervatos**.

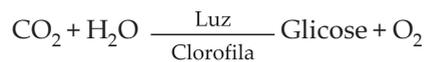
A obtenção de energia deveria ser semelhante ao que conhecemos como fermentação, que é um processo mais simples do que a respiração aeróbica para obtenção de energia:



Com esse processo, aumentou a concentração de CO_2 na atmosfera e o consumo da matéria orgânica disponível era cada vez maior.

O ambiente deve ter atuado sobre as diferentes formas de organização de seres vivos (células primitivas), que devem ter surgido por mutações do material genético (DNA).

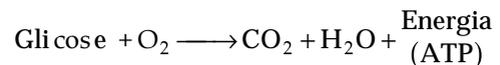
O passo seguinte na evolução dos seres vivos deve ter sido o aparecimento de organismos autótrofos, capazes de realizar o processo conhecido hoje como fotossíntese.



Com a liberação do gás oxigênio para a atmosfera, esta passa a ser oxidante.

A partir deste evento, organismos aeróbicos passam a ser adaptados ao ambiente.

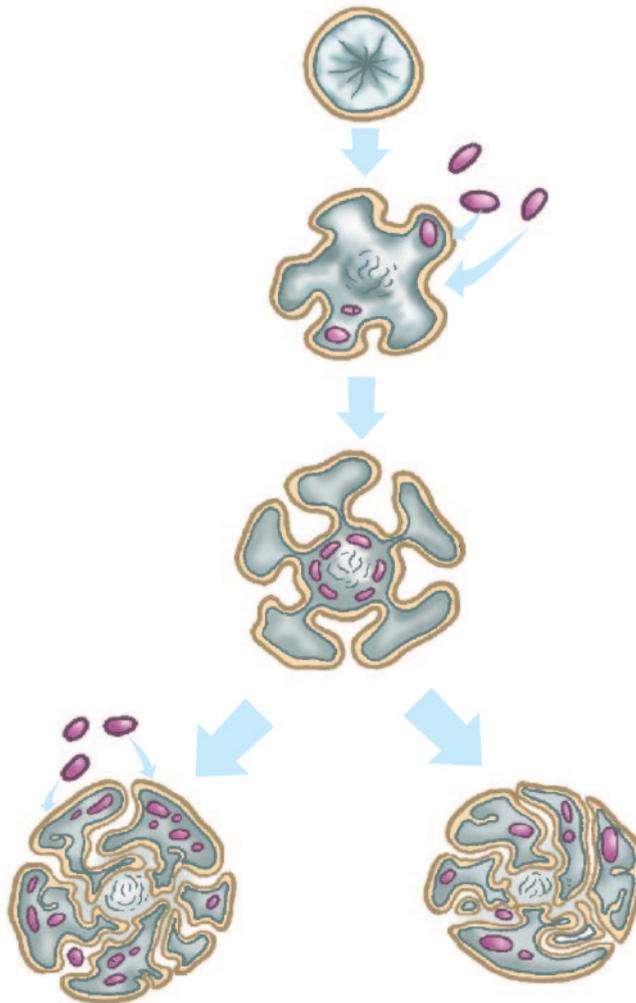
O processo de obtenção de energia destes organismos é a respiração aeróbica, que é mais eficiente, pois libera mais energia, permitindo-lhes maior grau de complexidade.



7. A Origem da Célula

De acordo com a possível organização dos primeiros tipos de seres vivos que surgiram, por serem unicelulares teriam uma membrana envolvente, garantindo-lhes maior proteção e maior grau de adaptação ao ambiente.

Essa membrana teria as seguintes propriedades: resistência, elasticidade, permeabilidade e natureza lipoprotéica. Devem ter ocorrido dobras na membrana, delimitando o material hereditário no centro e o citoplasma ficando especializado na captura e transformação dos alimentos.



A provável seqüência de surgimento de membranas celulares. A célula é dividida em compartimentos (núcleo/citoplasma/organelas).

Capítulo 07. Evolução

1. Adaptação

O Brasil apresenta vários tipos de ambientes que abrigam uma imensa **biodiversidade**. Temos uma elevada variedade de espécies de seres vivos – incluindo plantas, animais e microrganismos – ocupando a floresta amazônica, a mata atlântica, o cerrado, o pantanal e outros ambientes. Cada espécie de ser vivo está **adaptada** às condições do ambiente em que vive. O jacaré-de-papo-amarelo, por exemplo, apresenta olhos e narinas localizados acima da superfície da água, quando o animal se desloca em rio. Com isso, ele pode se aproximar de uma presa sem ser notado e, além disso pode respirar sem maiores restrições.

Os adultos se reproduzem com o macho depositando espermatozoides no interior da fêmea. Posteriormente, ela colocará ovos nas proximidades da água; dos ovos sairão filhotes, mas nem todos eles atingirão a idade adulta. Poucos sobrevivem e se reproduzem, garantindo a perpetuação da **espécie**.

Essa descrição da vida dos jacarés permite entender o conceito de **adaptação**: um conjunto de características estruturais, fisiológicas e comportamentais que podem determinar a sobrevivência e a reprodução de uma espécie em seu ambiente.

2. Criacionismo X Evolucionismo

Uma das maneiras pelas quais se explicou a origem da adaptação dos seres vivos ao meio ambiente foi com a corrente denominada fixismo ou criacionismo. Essa corrente sempre foi vinculada à visão religiosa de

mundo: os seres vivos teriam sido criados por uma entidade divina (daí “criacionismo”) que os fez já adaptados ao ambiente; desde o início da vida, os seres vivos permaneceriam sem maiores alterações (o que justifica o termo “fixismo”, de fixo, imutável).

Com o tempo, os cientistas – geólogos, principalmente – começaram a notar que o planeta passou e passa por muitas mudanças. Algumas alterações são lentas e outras, bastante bruscas. Por exemplo, na década de 1960 foi muito bem documentado o surgimento de uma ilha vulcânica na Islândia.

Hoje, confirma-se uma hipótese já antiga de afastamento de massas continentais; Brasil e África, por exemplo, afastam-se alguns centímetros por ano.

Alguns naturalistas do século XIX começaram a elaborar hipóteses acerca da ocorrência de alterações também nos seres vivos ao longo do tempo.

Trata-se da corrente de pensamento conhecida como evolucionismo ou transformismo, cuja visão central é a de **evolução biológica**: o mecanismo com o qual os seres vivos se modificam ao longo do tempo.

3. Evidências de Evolução

Muitos biólogos procuraram embasar seus argumentos acerca da ocorrência de evolução por meio de dados concretos. Assim, foram reunidas várias evidências evolutivas, entre as quais se destacam: fósseis, semelhanças entre seres vivos e, também, a existência de órgãos vestigiais.



3.1. Fósseis

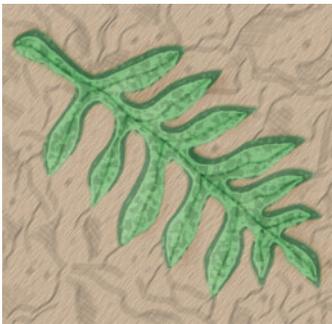
A morte de um organismo não significa que ele vai necessariamente desintegrar-se de maneira completa. Plantas e animais podem ser encobertos por lava vulcânica e uma parte significativa de seus corpos é preservada. Cientistas podem obter informações valiosas sobre o passado no nosso planeta quando encontram esses verdadeiros tesouros científicos, os **fósseis**: restos ou vestígios de seres vivos de épocas remotas.

Entende-se por resto qualquer estrutura que sobrou do organismo após sua morte, como escamas, cascos, ossos e conchas. Há casos mais raros de preservação de organismos inteiros, como o de mamutes no gelo e de insetos em âmbar. Outros fósseis são constituídos apenas por marcas preservadas, como

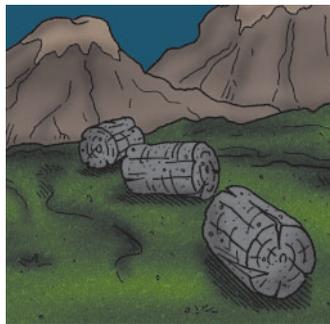
a de pegadas de dinossauros em placas de lama endurecida.

Outro aspecto a ser analisado na definição de fósseis é a referência ao tempo: somente são considerados como fósseis os restos ou vestígios de organismos que tenham vivido antes do surgimento da escrita.

O ramo das geociências que se ocupa do estudo dos fósseis é a Paleontologia. Sua contribuição para a compreensão da evolução é muito grande, permitindo documentar como foi a vida no passado e quais as mudanças que ocorreram. Infelizmente, a reconstituição da história da vida não pode ser efetuada de modo integral, uma vez que o documentário fóssil normalmente é muito escasso.



Folha de samambaia



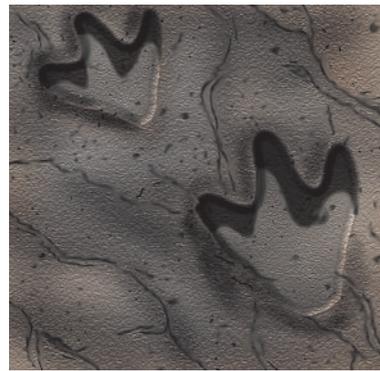
Caule petrificado



Inseto em âmbar



Crinóides – equinodermos



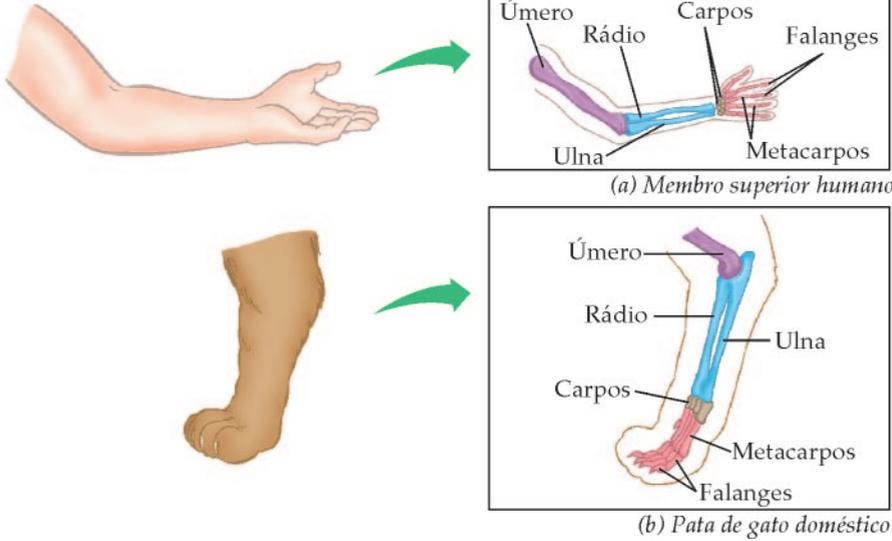
Pegadas de dinossauro

Registros fósseis que evidenciam a evolução biológica

3.2. Semelhanças e Parentesco

Quando consideramos um gato e um ser humano, notamos uma série de diferenças externas. No entanto, um estudo anatômico

revelará grandes semelhanças internas, por exemplo, em relação aos ossos dos membros superiores.



Essa notável semelhança interna é interpretada como resultado de um processo evolutivo: seres humanos e gatos são mamíferos que tiveram um ancestral comum; ao longo do tempo esse ancestral originou espécies que se modificaram profundamente, mas que mantiveram uma semelhança anatômica.

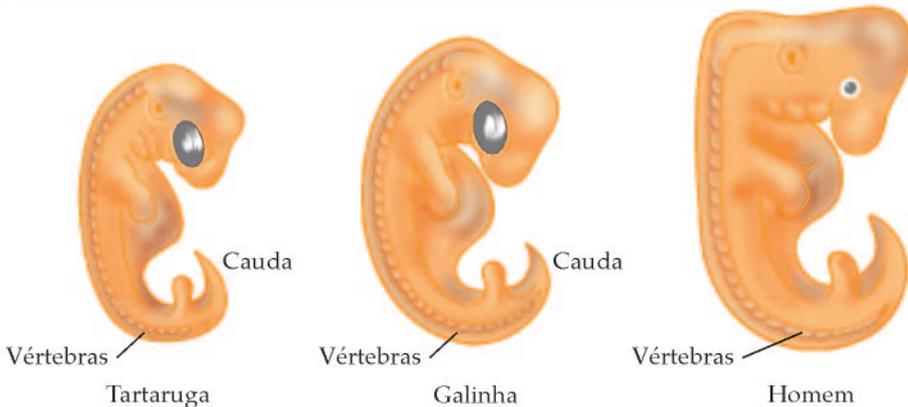
Quando se procede a uma análise de desenvolvimento embrionário de animais bastante diferentes, como tartaruga, galinha e

homem, notam-se semelhanças surpreendentes. Como explicá-las?

Para os evolucionistas, representam, também, uma evidência de parentesco, ou seja, de um ancestral comum.

Atualmente, os cientistas analisam as semelhanças entre as espécies de modo muito mais refinado, com a comparação de suas moléculas de DNA e de proteínas. São as chamadas evidências bioquímicas da evolução.

Semelhanças no desenvolvimento embrionário de alguns vertebrados





3.3. Órgãos Vestigiais

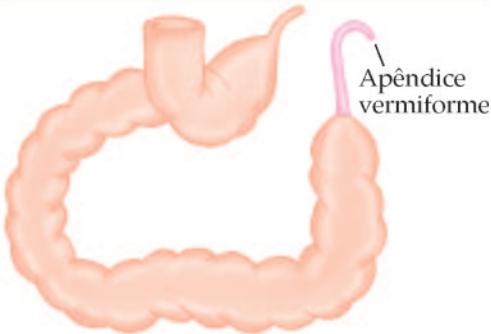
São órgãos normalmente com tamanho reduzido ou aparentemente sem função em uma espécie. Esses mesmos órgãos em outras espécies podem aparecer bem desenvolvidos e com função importante para o organismo.

Esses órgãos, como aparecem em espécies diferentes, podem ser utilizados como indicativo de ancestralidade comum, isto é, evidenciar grau de parentesco evolutivo entre as espécies.

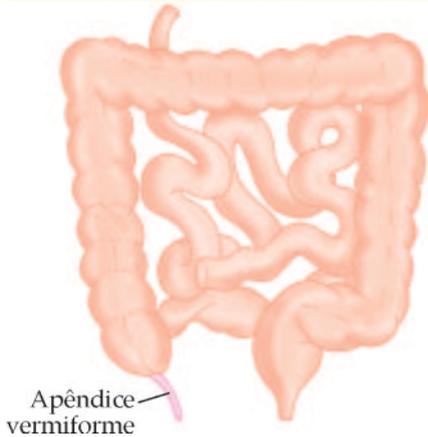
Como exemplo de órgão vestigial, podemos citar o apêndice vermiforme, que é reduzido e aparentemente sem função no homem e nos animais carnívoros, e desenvolvido nos animais herbívoros.

Nos herbívoros, o apêndice vermiforme é importante no processo de digestão da celulose, realizada por microrganismos (bactérias e protozoários) que vivem nesse apêndice.

Tubo digestório de herbívoro



Tubo digestório de carnívoro



4. Lamarckismo

As principais idéias evolucionistas foram propostas por dois grandes cientistas do século XIX, uma em 1809 e outra em 1859. Analisadas por contemporâneos e por biólogos posteriores, foram refutadas ou revistas. No entanto, essas explicações constituem, atualmente, verdadeiros alicerces das ciências biológicas.

Um ousado cientista francês, Jean Baptiste Lamarck, publicou, em 1809, uma obra considerada pioneira em evolução biológica: *Filosofia zoológica*.

Nessa obra, Lamarck defendia a idéia de que os seres vivos poderiam se modificar ao longo do tempo, a partir de necessidades geradas pelo ambiente. Assim, por exemplo, coelhos ancestrais dos atuais poderiam ter tido orelhas curtas, apresentando necessidade de ouvir a aproximação de predadores. Isso determinaria por parte dos coelhos um esforço para ouvir melhor, movimentando freqüentemente as orelhas.

A partir daí podem ser enunciados dois fundamentos do lamarckismo:

4.1. Lei do Uso e Desuso

Estruturas muito utilizadas apresentam a tendência de se desenvolver e as menos utilizadas tendem a se atrofiar.

As estruturas do coelho mais utilizadas seriam suas orelhas e patas traseiras (empregadas na fuga de predadores). No entanto, seus dentes caninos (típicos de animais carnívoros) seriam pouco ou nada empregados, pois eles apresentam dieta à base de plantas.

4.2. Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos

As mudanças do organismo (através de uso/desuso) seriam transmitidas aos descendentes. Assim, ao longo de várias gerações haveria um aumento gradual das orelhas e patas traseiras dos coelhos, enquanto seus dentes caninos terminariam por desaparecer.

Posteriormente, com o desenvolvimento da genética, foram esclarecidos os mecanismos de herança biológica e, efetivamente, não se dá a transmissão de características adquiridas durante a vida. Um exemplo: bebês não nascem com o lobo da orelha furado, apesar de suas mães (ou pais) terem realizado esse procedimento.

5. Darwinismo

O pioneirismo de Lamarck não foi reconhecido pelos seus contemporâneos. No entanto, 50 anos depois da publicação de seu trabalho, um cientista inglês daria andamento ao desenvolvimento das idéias evolutivas: Charles Darwin.

Darwin não foi o que se poderia chamar de um estudante brilhante. Após uma vida escolar pontuada por poucos interesses, formou-se pastor da Igreja Anglicana. No entanto, durante sua permanência no seminário foi influenciado por um professor, adquirindo gosto pelas ciências naturais. Aos 22 anos interessou-se em participar de uma expedição realizada pela Marinha inglesa, dando a volta ao redor do mundo. A expedição percorreu parte da América do Sul, sendo que Darwin encontrou, na Argentina, fósseis de animais semelhantes a tatus. Posteriormente, a expedição passou algumas semanas no arquipélago de Galápagos, a aproximadamente mil quilômetros do Equador.



A viagem de Charles Darwin a bordo do navio Beagle (1831-1836)

Nessas ilhas, ficou intrigado com os jabutis gigantes que ali viviam. Notou que havia tipos distintos de jabutis nas diferentes ilhas; os animais diferiam em relação ao formato do bico, no aspecto das patas e no comprimento do pescoço. Deveria haver uma explicação para essas diferenças...

Após seu retorno à Inglaterra, Darwin passou a trabalhar com o material que obteve durante a expedição. Em 1859, publicou o livro *A origem das espécies*, que tratava de evolução biológica.

Darwin relatou que para ele foi decisiva a leitura do trabalho de Malthus (*Um ensaio sobre populações*), o qual mostrava uma discrepância entre o crescimento da população humana (em progressão geométrica) e a produção alimentar (em progressão aritmética). Com isso, segundo Malthus, haveria uma grande luta pela sobrevivência diante da produção insuficiente de alimento.



O mecanismo evolutivo proposto por Darwin pode ser assim iniciado:

- a) os seres de uma espécie apresentam tendência de gerar muitos indivíduos;
- b) no entanto, as populações naturais mantêm-se estáveis;
- c) isso significa que apenas alguns indivíduos sobrevivem. Mas quais deles sobrevivem?

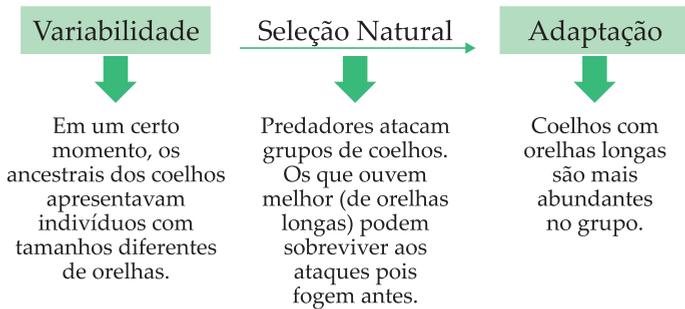
Darwin considerou um fato importante para responder a essa questão: os integrantes de uma mesma espécie não são idênticos. Isso é fácil perceber em uma sala de aula: há diferenças entre os alunos em relação à altura, peso, cor dos olhos, tipo de cabelo, formato de nariz, etc.

Darwin deu o nome de **variabilidade** às diferenças existentes entre os indivíduos da mesma espécie.

Entre os organismos da mesma espécie, devem sobreviver os que forem adaptados. Nesse ponto, o ambiente teria um papel fundamental, selecionando os indivíduos mais aptos, permitindo sua sobrevivência e reprodução. A essa “escolha” dos mais aptos Darwin denominou **seleção natural**.



A explicação darwinista para as longas orelhas dos coelhos seria assim:



6. Darwin X Lamarck

Esses dois cientistas atribuíam ao ambiente uma participação diferente no processo evolutivo.

Uma típica frase lamarckista seria:

“Pássaros têm asas para voar.”

A mesma situação seria escrita de modo darwinista assim:

“Pássaros podem voar porque têm asas”.



7. Neodarwinismo

Apesar de Darwin ter dado um passo gigantesco na compreensão do mecanismo de evolução biológica, ele não pôde explicá-lo em sua totalidade. Um dos aspectos falhos em sua teoria era a inexistência de exemplos concretos de evolução. Outro problema era seu desconhecimento acerca dos mecanismos de herança biológica, capazes de explicar as causas da variabilidade entre os seres vivos de uma determinada espécie. Vale lembrar que a Genética efetivamente começou em 1900, com a redescoberta dos trabalhos de Gregor Mendel; ocorre que Darwin morreu em 1882.

No século XX, os biólogos puderam completar o trabalho de Darwin. Encontraram exemplos atuais de evolução e explicaram as causas da variabilidade. Assim, foi feita a síntese entre duas áreas da Biologia: a Genética e a Evolução. Disso resultou a Teoria Sintética da Evolução, também conhecida como **neodarwinismo**.

Pode-se dizer, então, que o neodarwinismo incorpora as causas da variabilidade aos conceitos do darwinismo clássico.

Neodarwinismo:

Causas → Variabilidade $\xrightarrow{\text{Seleção natural}}$ Adaptação

Sabe-se que a variabilidade é gerada por vários fatores. Por ora citaremos dois deles:

- a) o *crossing-over* ou recombinação genética;
- b) as mutações.

Mutação é uma mudança brusca de material genético e pode ocorrer em qualquer ser vivo, do vírus ao homem. Trata-se de uma propriedade da vida. Mutações ocorrem ao acaso (são aleatórias) e podem produzir novos tipos de genes.

Uma das dificuldades de se elaborar uma vacina contra a aids está justamente na elevada frequência de mutações que ocorrem no vírus causador dessa enfermidade.

Uma questão fundamental a ser entendida é que as mutações podem ser favoráveis, desfavoráveis ou indiferentes; a seleção natural vai “decidir” em qual dessas modalidades uma certa mutação vai ser classificada.

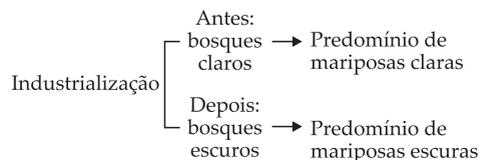
8. Processos Evolutivos

A compreensão do mecanismo evolutivo, segundo o neodarwinismo, fica mais fácil com a análise de alguns exemplos clássicos.

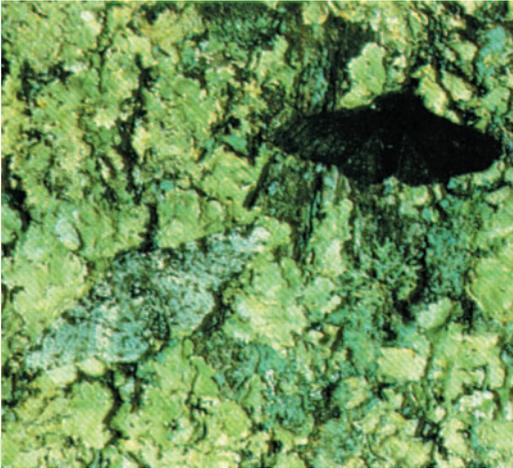
8.1. Mariposas na Inglaterra

Mariposas da espécie *Briston betularia* apresentam duas variedades: a forma clara e a escura (ou melânica). Os bosques ingleses abrigam pássaros predadores de mariposas. Antes da industrialização, os bosques tinham um aspecto claro, uma vez que troncos de árvores e rochas eram recobertos por líquens. Com a industrialização também veio a poluição, que matou os líquens e escureceu os bosques devido à fuligem liberada na queima de carvão.

Assim, a população de mariposas sofreu mudanças, tomando-se a industrialização como referência:



Como explicar essa mudança? Trata-se de um processo de adaptação de uma espécie ao ambiente.



Em tronco claro destacam-se mariposas escuras. Num tronco escurecido ficam evidenciadas as mariposas claras

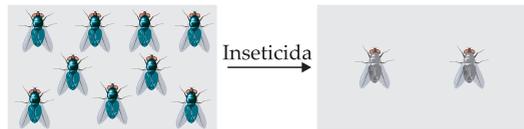
- a) A variabilidade é representada pela existência de mariposas claras e escuras, geradas por meio de mutação aleatória.
- b) A seleção natural é realizada pelos pássaros em conjunto com os troncos claros ou escuros das árvores.
- c) Adaptação: em ambiente claro, as mariposas claras são menos predadas e predominam na população. Quando o ambiente se torna escuro pela poluição, as mariposas escuras são menos visíveis e tornam-se mais abundantes.

8.2. Insetos e Inseticidas

Muitos inseticidas, como o DDT, tiveram amplo uso no controle de pragas agrícolas e de insetos transmissores de doenças, como a malária e o tifo, respectivamente veiculados ao ser humano pelo mosquito-prego e por piolhos. No entanto, depois de um longo tempo de uso, acabaram perdendo sua eficiência e os insetos passaram a sobreviver em presença desses produtos. Pode-se dizer que os insetos se acostumaram ao inseticida? Não, na verdade ocor-

reu um processo de adaptação dos insetos ao produto. Devemos analisar a população de insetos em dois momentos, no início das aplicações de inseticida e no final, após muito tempo de uso.

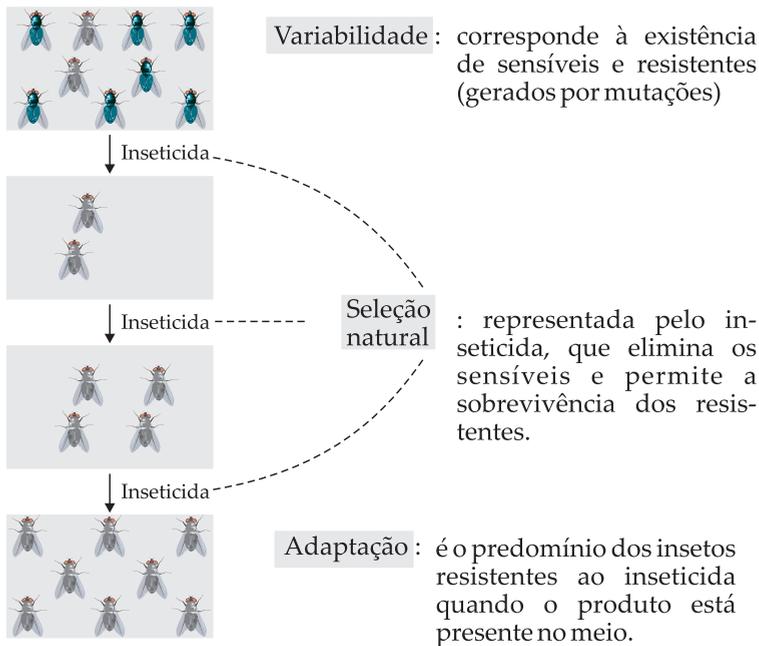
Início: muitos insetos morrem com a aplicação do inseticida; são insetos sensíveis.



Final: muitos insetos não morrem com a aplicação do inseticida; são insetos resistentes.



Os insetos resistentes são variedades mutantes, que estavam presentes desde o início e já existiam mesmo antes da aplicação do inseticida, que atuou como agente de seleção natural.



Cuidado: os insetos **não** adquirem resistência. Na verdade, o uso prolongado do inseticida promove a seleção dos insetos resistentes.

8.3. Bactérias e Antibióticos

Quando uma indústria farmacêutica lança um novo tipo de antibiótico para tratar determinada doença bacteriana, o produto apresenta alta eficiência durante algum tempo.

Posteriormente, acaba perdendo sua eficácia.

Isso ocorre porque as bactérias adquirem resistência ao antibiótico? Não. A explicação é similar à apresentada para os insetos e inseticidas: entre as bactérias surgem indivíduos mutantes que são resistentes ao antibiótico e, com o tempo, passam a predominar.

Com o uso prolongado de um antibiótico, ocorre seleção de bactérias resistentes ao produto.

8.4. Conclusão

Nos três exemplos estudados ocorreu uma mudança na população:

Ser vivo	Tipo predominante no início	Tipo predominante no final
Mariposas	Claras	Escuras
Insetos	Sensíveis	Resistentes
Bactérias	Sensíveis	Resistentes

As características dos seres vivos estudados acima são determinados por genes. Quando, no caso das mariposas, dizemos que inicialmente havia mais claras e no final mais escuras, podemos entender isso tudo de modo mais profundo:

Inicialmente, a população de mariposas apresentava maior frequência (ou porcentagem) de genes para cor clara; no final, passou a ter maior frequência de genes para cor escura.



Isso reflete o processo evolutivo, de um modo geral:

Evolução corresponde a uma alteração na frequência dos genes de uma população.

9. Especiação

O processo evolutivo é caracterizado por mudanças que ocorrem nos seres vivos ao longo do tempo. Uma consequência desse processo é a formação de novas espécies. A vida em nosso planeta surgiu há quase 4 bilhões de anos e, por meio da evolução, foram geradas novas espécies, resultando na imensa biodiversidade atual. Durante esse processo, muitas espécies se extinguíram e apenas uma parte deixou registro fóssil.

Um passo necessário para entender a formação de novas espécies é saber o que significa uma espécie.

Pode-se dizer que espécie é um conjunto de organismos semelhantes, com capacidade potencial de se reproduzir em condições naturais, gerando descendentes férteis. Isso pode ser expresso de outra forma: espécie é um grupo com capacidade potencial de trocar genes.

Assim, indivíduos pertencentes a espécies diferentes apresentam o que se chama de **isolamento reprodutivo**, caracterizado por duas situações possíveis:

a) não se cruzam, devido a incompatibilidades anatômicas, diferentes comportamentos de acasalamento, não-coincidência de épocas do ano para a reprodução. Dessa forma, seres de espécies diferentes nem mesmo chegam a gerar um zigoto, o que caracteriza o isolamento reprodutivo **pré-zigótico**;

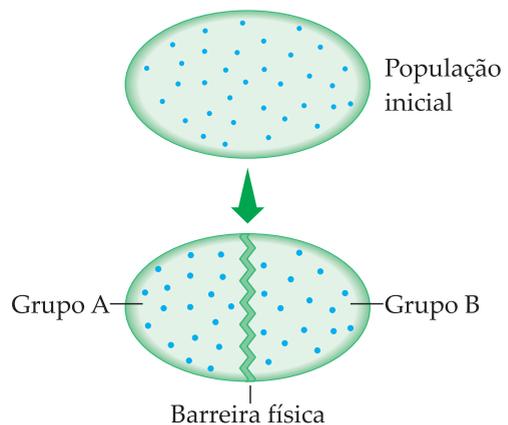
b) cruzam-se, mas não geram descendentes viáveis ou férteis. Fala-se, então, em isolamento reprodutivo **pós-zigótico**. Um exemplo muito conhecido é o cruzamento entre jumento e égua, que pertencem a espécies diferentes. Esse casal pode ter descendentes machos (burros) ou fêmeas (mulas) mas que normalmente são estéreis. Burros e mulas não constituem uma espécie de animal; na verdade, são considerados híbridos interespecíficos.

Espécies diferentes apresentam isolamento reprodutivo (pré-zigótico ou pós-zigótico).

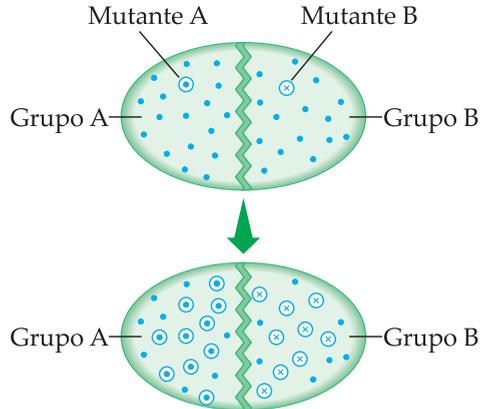
O mecanismo responsável pela formação de novas espécies é denominado especiação. Esse mecanismo envolve cinco etapas principais, sendo que a última delas já conhecemos: o estabelecimento de algum tipo de isolamento reprodutivo, que é o indicador da formação de novas espécies.

As principais etapas da especiação são descritas a seguir:

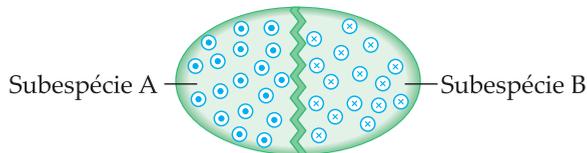
a) Uma população inicial é dividida em dois grupos através de uma barreira física (rio, deserto, cadeia de montanhas). Essa condição é denominada **isolamento geográfico**, impedindo a troca de genes entre indivíduos dos dois grupos.



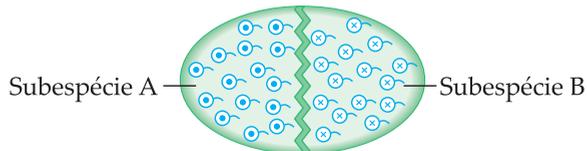
- b) Cada ambiente pode ter diferenças (de umidade, relevo, vegetação, etc.), apresentando diferentes critérios de seleção natural. Surgem diferentes tipos de mutantes em cada grupo; eles sofrem a atuação da seleção natural específica em cada local. Mutantes com características favoráveis sobrevivem e se reproduzem. Depois de muitas gerações, o gene mutante pode predominar no grupo.



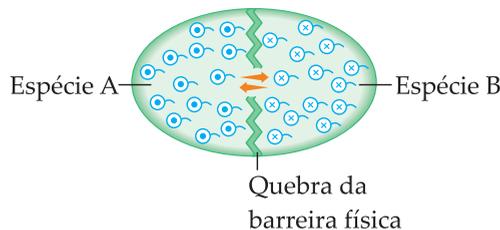
- c) Formam-se novas raças ou subespécies. Apesar das diferenças, organismos dos dois grupos apresentam ainda capacidade potencial de cruzamento e de formação de descendentes férteis.



- d) Com o passar do tempo, ocorrem mais mutações submetidas à seleção natural própria de cada ambiente. As diferenças entre os dois grupos ficam maiores.

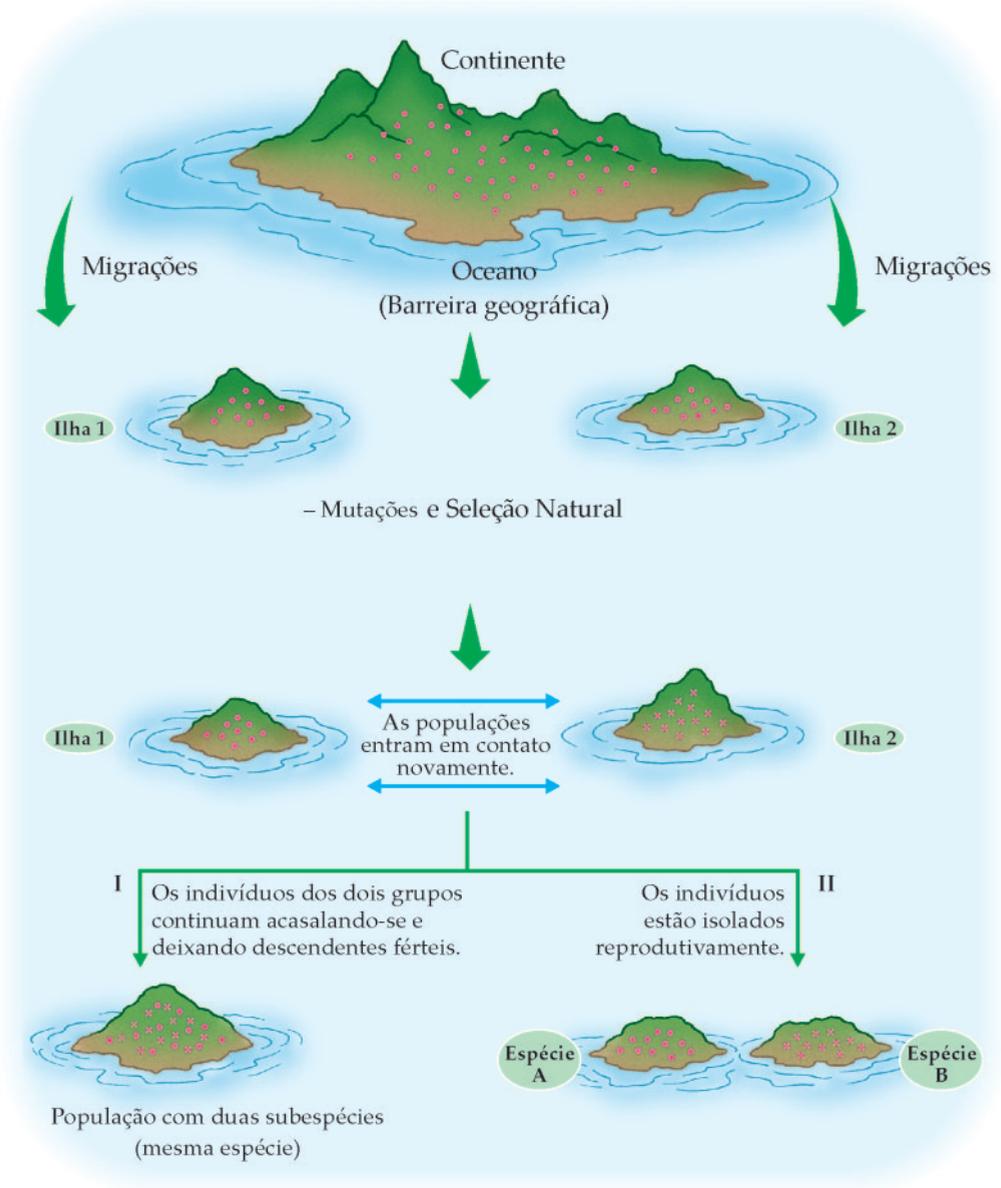


- e) As populações entram em contato. Apesar disso, são incapazes de gerar descendentes férteis. Foi estabelecido, portanto, um isolamento reprodutivo, indicando a formação de novas espécies.



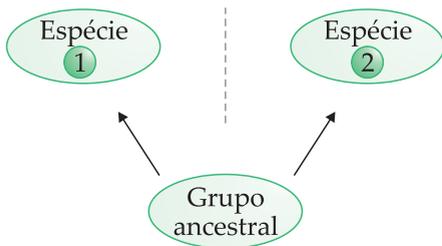


Os esquemas a seguir mostram exemplos do processo de especiação a partir de populações que vivem numa certa área (continente).



10. Irradiação e Convergência

O mecanismo de especiação que estudamos baseia-se na separação de uma população inicial (grupo ancestral) em dois grupos, devido a uma barreira física. Com o tempo, podem ser formadas duas espécies, adaptadas a ambientes diferentes.



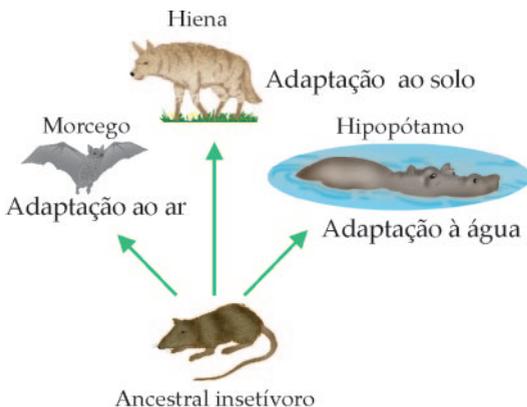
A questão que pode ser levantada é: novas espécies devem sempre ser geradas aos pares, ou seja, duas simultaneamente? Ou é possível a formação de várias espécies, a partir de um mesmo grupo ancestral?

A resposta é que podem ser formadas muitas espécies, a partir de um único ancestral. Essa modalidade de especiação recebe o nome de **irradiação adaptativa**.

10.1. Irradiação Adaptativa

A irradiação adaptativa é a formação de várias espécies, adaptadas a ambientes diferentes, sendo todas originárias de um ancestral comum.

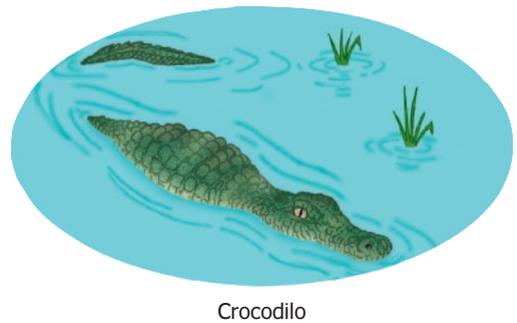
Tomamos, como exemplo, a evolução dos mamíferos. A partir dos achados fósseis e de outras evidências foi possível propor a hipótese de que os mamíferos atuais originaram-se de um pequeno insetívoro.



Morcego, hiena e hipopótamo são bastante diferentes e estão adaptados a ambientes com características bem diversas. No entanto, todos apresentam estruturas comuns: pêlos, glândulas mamárias, diafragma, coração com quatro cavidades, etc. Suas semelhanças indicam uma ancestralidade comum e, portanto, parentesco evolutivo.

10.2. Convergência Adaptativa

A partir do que foi exposto, é possível afirmar que **toda** semelhança indica parentesco? Não, nem sempre isso ocorre. Tomemos, como exemplo, o caso de dois vertebrados que podem viver no mesmo rio: hipopótamo e crocodilo. O primeiro é mamífero e tem as características que descrevemos acima; o crocodilo, por sua vez, não possui pêlos, glândulas mamárias, nem diafragma e sua reprodução difere bastante do hipopótamo, pois coloca ovos com casca. No entanto, crocodilo e hipopótamo são semelhantes em relação à posição dos olhos e das narinas, que permanecem acima do plano da água.



Esse é um caso típico de convergência adaptativa: ancestrais diferentes, vivendo em um mesmo ambiente, passam por processos semelhantes de seleção natural; com o tempo, tornam-se semelhantes em alguns aspectos.

Irradiação: mesmo ancestral
Convergência: mesmo ambiente



10.3. Homologia e Analogia

Considerando a nadadeira anterior de uma baleia, poderíamos dizer que ela se assemelha mais a uma nadadeira de peixe ou ao membro superior de um ser humano?



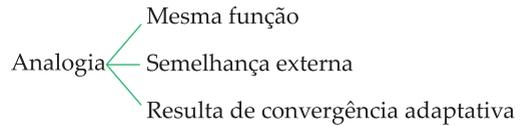
Examinando essas três estruturas internamente, notamos o seguinte:



Então, dependendo do enfoque, pode-se dizer que a nadadeira de baleia é semelhante ao membro superior humano e também à nadadeira de peixe.

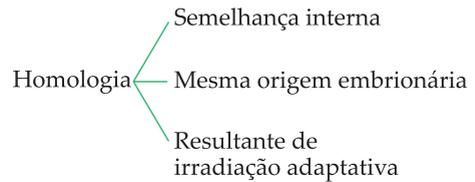
I. Baleia e peixe

As nadadeiras desses animais apresentam analogia: têm semelhança externa e apresentam a mesma função, participando da natação. Contudo, suas nadadeiras são muito diferentes internamente, o que revela possuírem ancestrais diferentes. Sua semelhança externa é produto de um processo de convergência adaptativa.



II. Baleia e homem

A nadadeira da baleia e o membro superior humano apresentam homologia: têm a mesma organização interna e apresentam a mesma origem embrionária. Baleia e homem têm essa semelhança interna porque se originaram de um ancestral comum, caracterizando um processo de irradiação adaptativa.



Anotações



Anotações

Anotações



Anotações

Anotações



Anotações

Anotações