

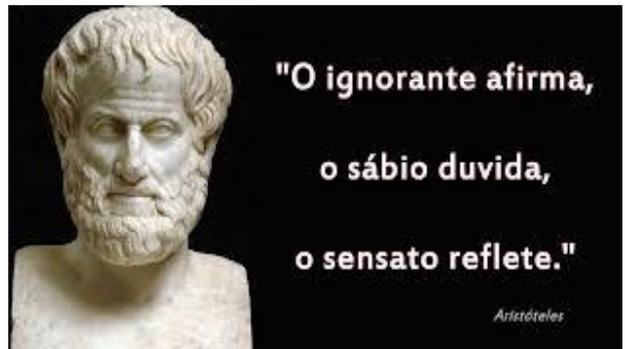
ORIGEM DA VIDA E EVOLUÇÃO

1 – A ORIGEM DA VIDA E DAS CÉLULAS

1.1- DE ARISTÓTELE A PASTEUR

Há mais de 2 mil anos, Aristóteles propôs a existência de um "princípio ativo" ou "princípio vital", capaz de produzir matéria viva a partir de matéria não viva. Não era algo concreto mas uma "capacidade de fazer". Esse princípio ativo poderia organizar de tal forma uma sequência de eventos que viriam a promover uma série de transformações na matéria não viva que culminariam com o surgimento de um ser vivo. Tal hipótese ficou conhecida como geração espontânea ou abiogênese.

Durante muitos anos essa era a teoria mais aceita para explicar o surgimento dos seres vivos.



Abiogênese

NÃO VIVO → SER VIVO

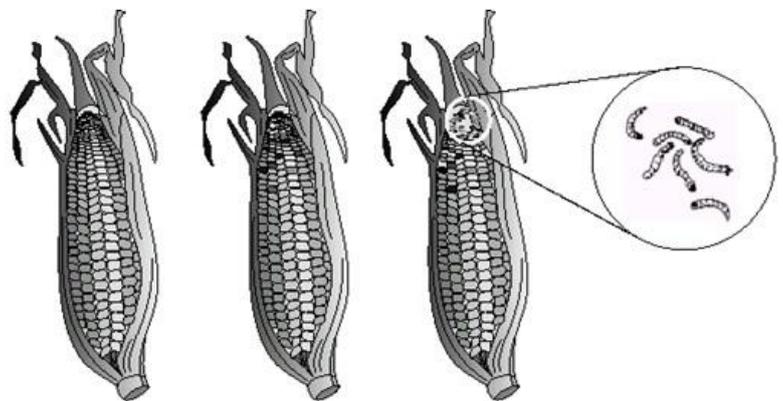


Figura 1: O surgimento de larvas no milho a partir de modificações promovidas pelo "princípio ativo".

1.2- FRANCESCO REDI (1668)

O médico e biólogo **Francesco Redi** realizou uma série de experimentos que cujos os resultados permitiram-lhe contestar a hipótese da abiogênese. Ele colocava pedaços de carne em frascos abertos e observava que, passados alguns dias, surgiam larvas de moscas, enquanto em frascos fechados elas não apareciam, mesmo depois da carne ter apodrecido. Os defensores da abiogênese argumentavam que as larvas não se formavam porquê os pedaços de carne não tinham o contato com o ar e era no ar que encontrava-se o "princípio ativo" capaz de gerar novos organismos. Redi, então, cobriu os frascos com gaze e, ainda assim, não surgiram larvas. Os trabalhos de Redi reforçavam a hipótese da biogênese, segundo a qual a vida só pode surgir a partir de uma vida preexistente.



Biogênese

SER VIVO → SER VIVO

O experimento de Redi

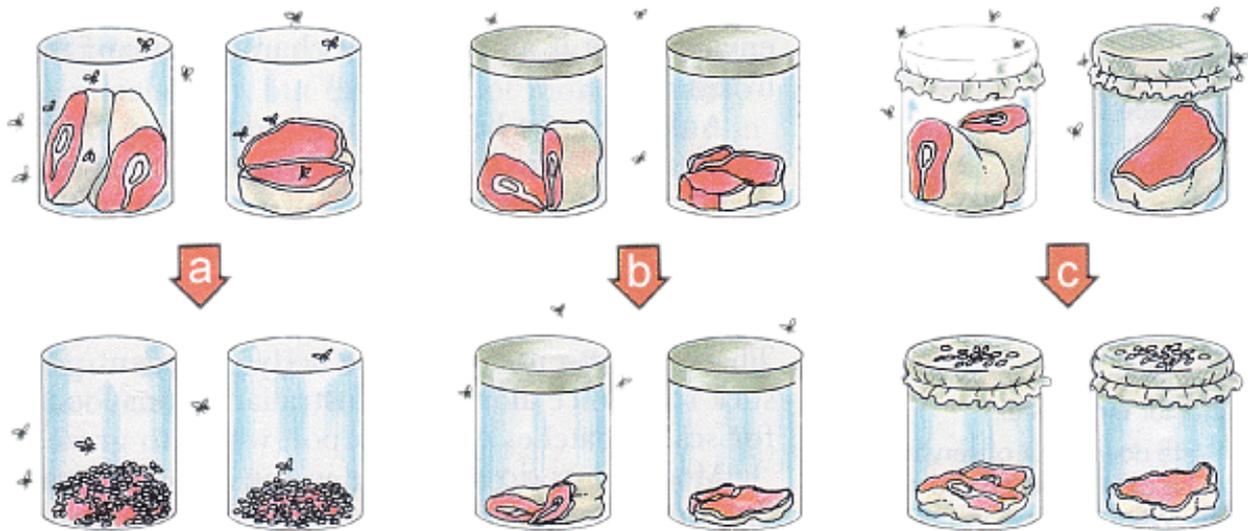


Figura 2: Mostrando os diferentes frascos e a proliferação de larvas e moscas em cada um deles. Em (a) o frasco aberto evidenciando que as moscas podem ter depositado seus ovos na carne gerando, assim, as larvas. Em (b) os frascos, hermeticamente, fechados que não apresentaram larvas. Em (c) o frasco fechado com gaze, que permitia a entrada de ar, mas evitava a entrada das moscas não surgindo, assim, larvas. Fonte: modificado a partir de http://laevoluciondelosseresvivos3.blogspot.com.br/2011_08_01_archive.html.

1.3- JOHN T. NEEDHAM (1745)

Padre e naturalista inglês. Needham realizou alguns experimentos para testar a hipótese da abiogênese. Colocou caldos nutritivos em frascos aqueceu-os e fechou-os com relhas de cortiça. Em seguida voltou a aquecê-los. Algum tempo depois notou a presença de microrganismos nos caldos, concluindo que haviam surgido por geração espontânea.



1.4- LAZZARO SPALLANZANI (1776)

Padre e biólogo italiano. Spallanzani repetiu os experimentos de Needham, tendo o cuidado de ferver por uma hora os caldos nutritivos antes de fechar hermeticamente os frascos. Fez isso porque suspeitava que Needham não aquecera os caldos por tempo suficiente para destruir os microrganismos. De fato depois de vários dias os caldos preparados por Spallanzani continuavam livres de microrganismos.

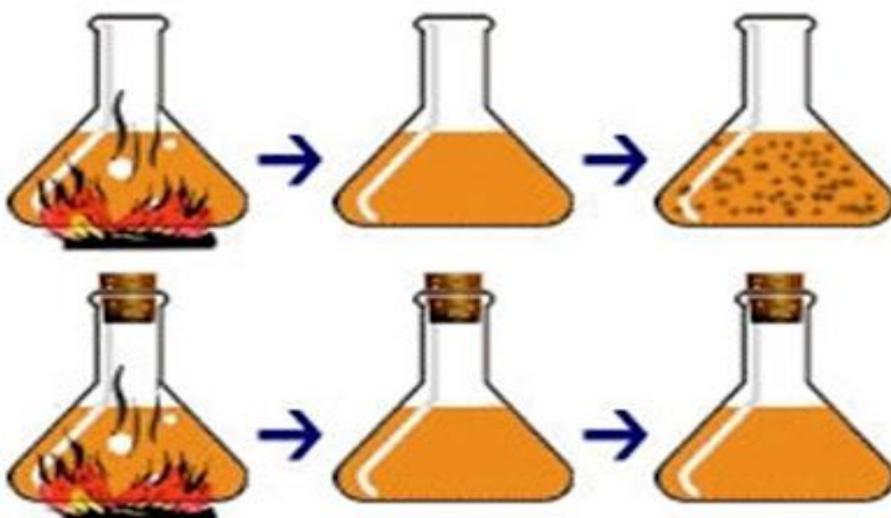
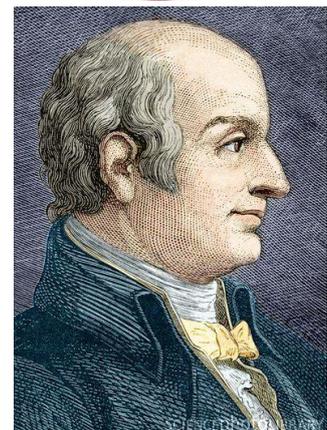


Figura 3: Mostra os experimentos de Needham e Spallanzani com a única diferença no tempo de fervura. Fonte: modificado de <http://silviarufu.blogspot.com.br/>

Houve forte objeção aos resultados de Spallanzani. Needham e seus seguidores argumentavam que o aquecimento dos caldos nutritivos fora tão prolongado que destruíra o princípio ativo, e que os frascos fechados impediram a entrada do ar, essencial para a geração espontânea. A contestação apresentada por Needham foi suficiente para derrubar os trabalhos de Spallanzani.

1.5- LOUIS PASTEUR (1862)

Em 1862, o cientista francês Louis Pasteur (1822 – 1895), que já havia demonstrado que o ar constituía uma fonte de microrganismos e que eles eram os causadores das infecções, elaborou um engenhoso experimento: aqueceu o gargalo de um frasco até torná-lo maleável e o torceu, criando uma curva em forma da letra S invertida. A seguir ferveu o caldo nutritivo nesse frasco e em outro de gargalo reto. No frasco de gargalo reto, havia turvação do caldo nutritivo, no frasco de gargalo curto, mesmo depois de semanas, o líquido permanecia claro e sem microrganismos. Como os frascos ficavam abertos não se podia falar da impossibilidade da entrada do "princípio ativo" do ar. Com a curvatura do gargalo, os microrganismos do ar ficavam retidos na superfície interna úmida e não alcançavam o caldo nutritivo (figura 4). Quando Pasteur rompia o longo pescoço de um frasco, depois de alguns dias o caldo turvava-se, como nos frascos de gargalo reto. Simples e completo esse experimento não permitiu contra argumentos: não impedia a entrada de ar nos frascos, pois mantinha os frascos abertos, e ainda preservava, nos caldos nutritivos, a capacidade de desenvolver vida, quando os frascos eram quebrados ou inclinados.

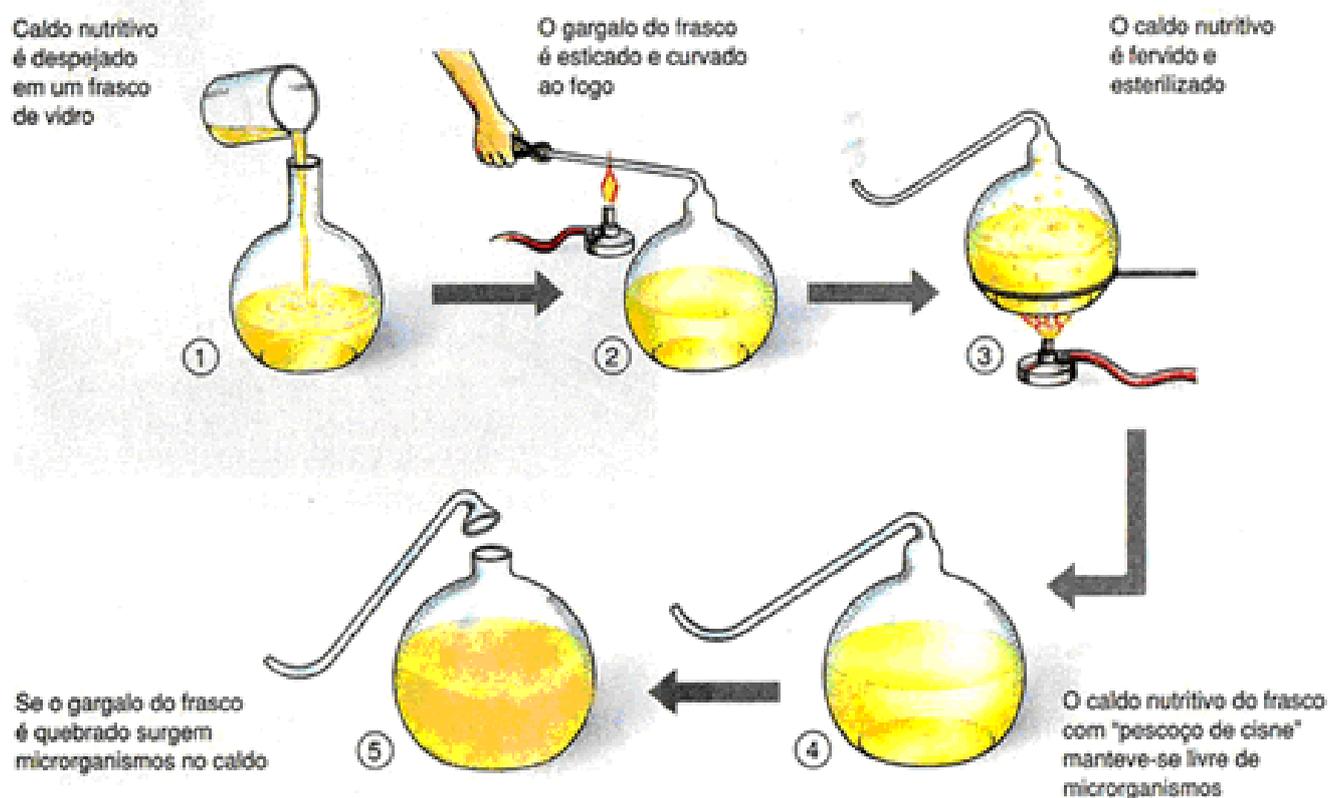
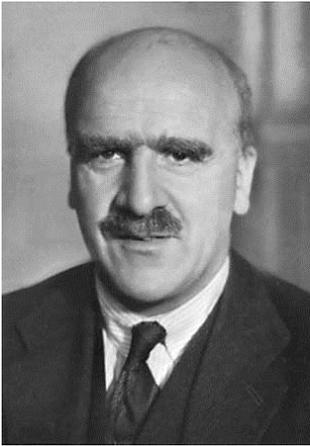


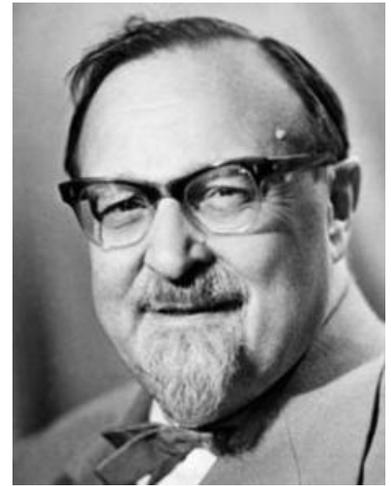
Figura 4: Demonstra as etapas do experimento de Pasteur. Fonte: modificado a partir de www.sobiologia.com.br/conteudos/Evolucao/evolucao3.php

1.6– A HIPÓTESE DE OPARIN E HALDANE

A partir do experimento de Louis Pasteur, que refutou completamente a abiogênese, surgiu na comunidade científica uma interrogação: se a vida sempre se origina a partir de uma vida preexistente, como surgiram os seres que iniciaram essa “corrente sem fim” que dura até hoje? Aleksandr Ivanovich Oparin (1894 – 1980) foi um biólogo russo que no ano de 1924 propôs a sua teoria para tentar explicar a formação dos primeiros seres vivos. Oparin afirmou que os seres vivos deviam ter surgido nos oceanos primitivos, a partir de uma lenta e gradual transformação de substâncias orgânicas que puderam se associar e formar sistemas progressivamente mais complexos, que se alimentavam do material orgânico encontrado nos oceanos.



John B. S. Haldane (1892 – 1964), geneticista inglês, contribuiu com a hipótese de Oparin, dizendo que as condições da Terra primitiva teriam permitido a formação de substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas presentes na atmosfera primitiva.



Levadas pela água elas converteram os oceanos primitivos em “um caldo quente e diluído”, rico em substâncias orgânicas. De acordo com estudos da idade das rochas a Terra deve ter 4,5 bilhões de anos. Em um determinado período, à medida que ia se resfriando, a camada mais superficial se solidificou, formando a crosta, o que deve ter ocorrido a cerca de 4,1 bilhões de anos. A atração gravitacional manteve aprisionados os gases

constituintes da atmosfera primitiva, cujos principais constituintes provavelmente eram o metano (CH_4), o hidrogênio (H_2), a amônia (NH_3) e o vapor de água (H_2O), o qual, aquecido, subia às camadas mais altas, resfriava-se e caía em forma de chuva. Violentas tempestades resultavam em fortes descargas elétricas. Além das descargas elétricas e das altas temperaturas, toda a radiação cósmica alcançava integralmente a superfície da Terra. Nesse ambiente turbulento, havia grande quantidade de energia (calor, radiação e eletricidade) e quatro tipos de átomos: hidrogênio, carbono, oxigênio e nitrogênio. Teoricamente esses átomos interagiram, sofrendo transformações devido as formas de energia presentes no ambiente, e originaram substâncias mais complexas.

1.7 – A FORMAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS

No século XIX, acreditava-se que as substâncias orgânicas só podiam ser sintetizadas por seres vivos, graças a uma misteriosa “força vital”.

Em 1828, Friedrich Wöhler sintetizou ureia em laboratório, a partir de substâncias inorgânicas, assim, demonstrou que substâncias orgânicas podem ser produzidas fora dos seres vivos.

Harold Urey, um cientista agraciado com o Prêmio Nobel de Química, interessou-se pela formação de substâncias orgânicas na atmosfera primitiva. Em 1953, um de seus alunos, Stanley Miller, criou um equipamento que simulava algumas das possíveis condições da atmosfera primitiva e, dentro, colocou amônia, metano, e hidrogênio (figura 5). A mistura de gases recebia continuamente descargas elétricas semelhantes a raios e circulava graças à contínua ebulição da água que originava o vapor em uma das extremidades do aparelho.

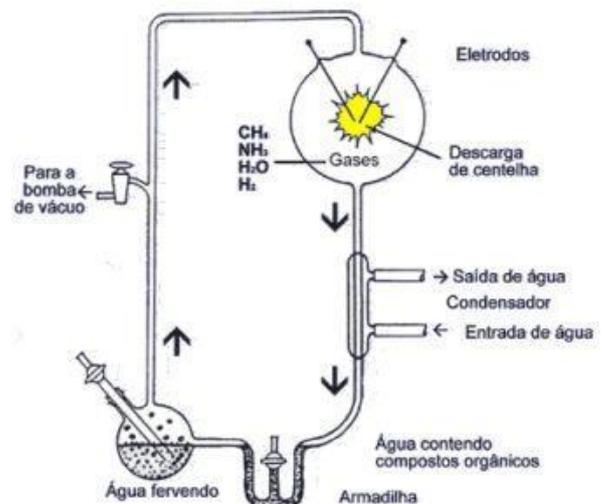


Figura 5: O experimento de Stanley Miller

Passada uma semana, com o vapor de água sendo continuamente condensado e depositado, Miller observou que o líquido tinha mudado de incolor a rosado e que continha substâncias orgânicas, entre elas os aminoácidos (principalmente glicina e alanina, os mais simples e abundantes encontrados nas proteínas). Como outros pesquisadores mostraram em métodos semelhantes, lipídios, carboidratos e nucleotídeos podiam ser produzidos nas mesmas condições.

Aquecendo misturas de aminoácidos, o pesquisador Sidney Fox conseguiu obter polipeptídeos que, em contato com a água, formavam complexos moleculares que ele chamou de **microsfersas**. Oparin suspeitava que isso pudesse ocorrer nos oceanos primitivos, dando aos complexos o nome de **coacervados** (figura 6).



Figura 6: Na Terra primitiva, as substâncias devem ter-se agrupado em gotículas dentro das quais esboçava-se uma organização simples. Fonte: <http://dc245.4shared.com/doc/6Xg0PU5i/preview.html>

1.8- DOS COACERVADOS ÀS CÉLULAS

De acordo com hipóteses de alguns pesquisadores, como David Robertson, as moléculas de lipídios poderiam formar camadas bimoleculares que delimitavam o conjunto de moléculas orgânicas, impedindo que os agregados moleculares (coacervados) se perdessem no caldo oceânico. As enzimas aumentavam a velocidade de reações químicas nesses agregados, que passaram a apresentar características bem distintas do meio externo.

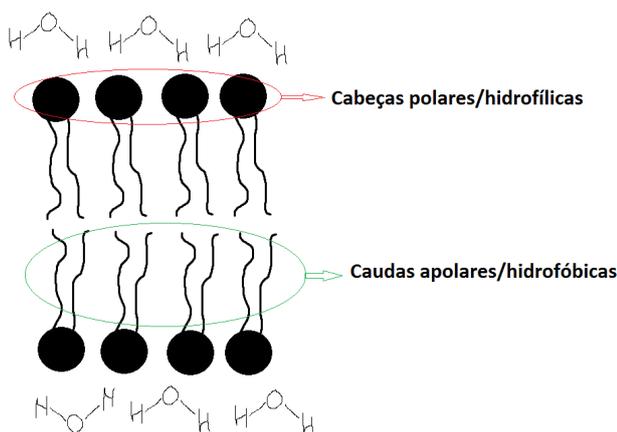


Figura 7: Mostra a camada bimolecular de lipídios que organizam-se conforme a polaridade de suas regiões. Fonte: modificado a partir de <http://whoknewindeed.wordpress.com/2013/02/27/bicamada-lipidica>

Oparin sugeriu que, nesse momento, as pressões de seleção natural começaram a agir. Os agregados competiam entre si por material, alguns - dotados de composição química ou arranjo interno mais favoráveis - conseguiam adquirir moléculas com mais facilidade, destacando-se como tipos predominantes. De acordo com o modelo de Robertson para o desenvolvimento das membranas vivas, as estruturas membranosas internas podem ter surgido por dobras do envoltório externo. Assim teria aparecido o envoltório nuclear, o retículo endoplasmático e o complexo de Golgi. Segundo o modelo endossimbiótico (figura 8), defendido pela bióloga norte americana Lynn Margulis e outros pesquisadores, as células eucarióticas teriam surgido por associação entre células procariontes grandes e outras pequenas, que passaram a viver em seu interior. Os cloroplastos seriam procariontes fotossintetizantes, que teriam invadido células maiores (ou foram englobados por elas). Fato semelhante teria acontecido com bactéria aeróbicas que vieram a constituir as mitocôndrias nas células atuais. Essa associação mostrou-se benéfica tanto para as células invasoras quanto para as células hospedeiras.

Várias características das mitocôndrias e dos cloroplastos atuais parecem confirmar esse modelo:

- têm suas próprias moléculas de DNA, em filamentos semelhantes aos cromossomos bacterianos,
- possuem ribossomos pequenos e sintetizam proteínas em seu interior,
- o código genético lido por seus ribossomos é ligeiramente diferente do código genético universal,
- reproduzem-se por divisão binária como os procariontes.

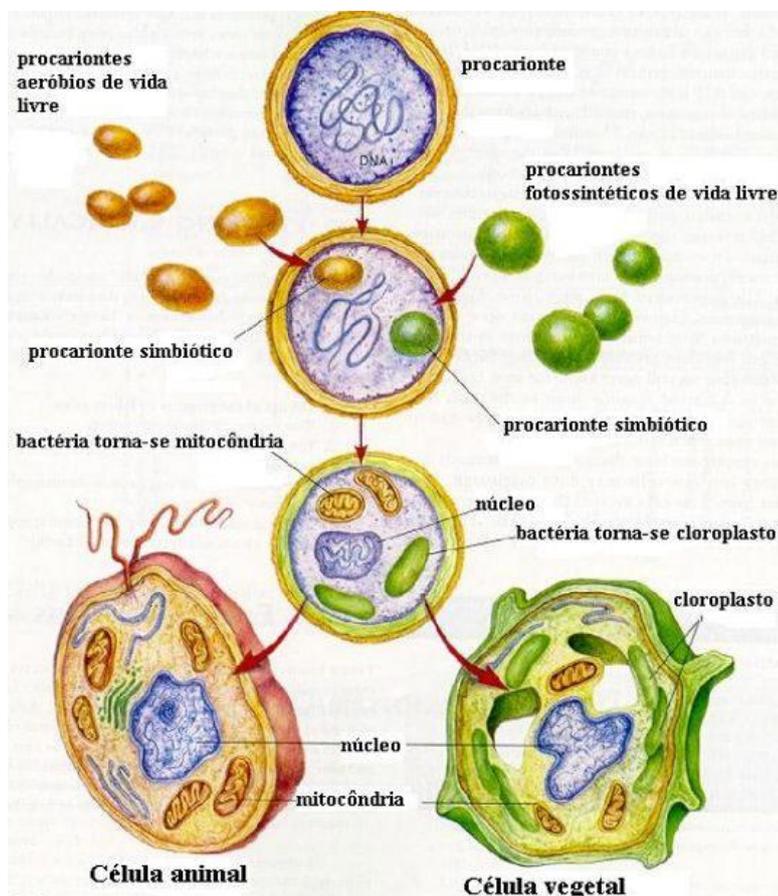


Figura 8: Modelo endossimbiótico englobamento de organismos aeróbicos e fotossintetizantes. Fonte: modificado a partir de <http://prokariotae.tripod.com>.

1.9 - O SURGIMENTO DO MATERIAL GENÉTICO

Provavelmente, o RNA tenha sido o material genético dos antecessores de todos os seres vivos. As moléculas de RNA podem determinar a formação de moléculas de RNA idênticas. Elas podem controlar a formação de proteínas, inclusive de enzimas. Algumas dessas enzimas deveriam ter algum papel auxiliar na replicação do RNA, agindo como a atual RNA-polimerase. Com o surgimento dos envoltórios membranosos, essas enzimas passaram a auxiliar somente as moléculas presentes no interior das bolsas membranosas.

A partir de um certo momento, com o aparecimento de nucleotídeos de DNA, as moléculas de RNA podem ter servido de molde para a formação de filamentos de DNA. Com o tempo, o DNA assumiu o papel de material genético dos seres vivos, e o RNA passou para um papel secundário, como intermediário na passagem de informações do DNA para os ribossomos.

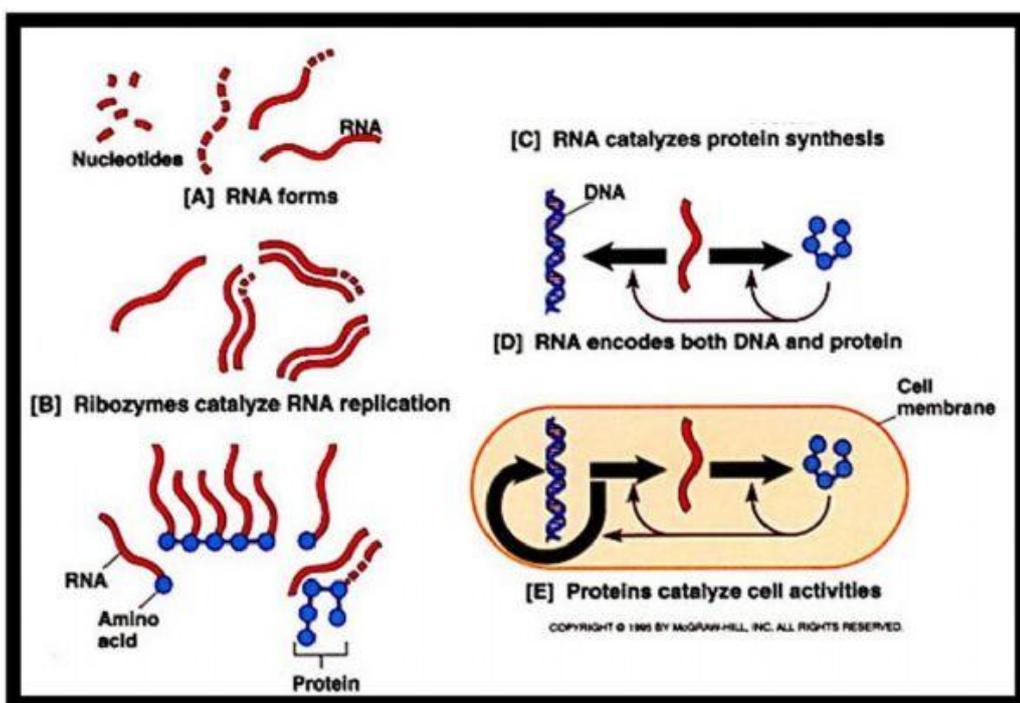


Figura 9: Mostra eventual origem dos primeiros sistemas de

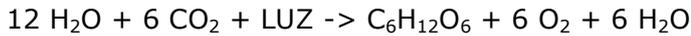
1.9– A HIPÓTESE AUTOTRÓFICA

Essa defende que os seres vivos primordiais eram autótrofos, ou seja, eram capazes de fabricar seu próprio alimento.

Os cientistas defendem essa teoria com o argumento que na Terra primitiva não havia alimento para todos os seres habitantes e que sustentasse o aumento da população até o aparecimento da fotossíntese.

Porém, a produção do próprio alimento era bem diferente da fotossíntese atual. Eles não utilizavam água, gás carbônico e luz solar como produtos da reação.

Equação da fotossíntese:



A energia utilizada no processo era proveniente das reações químicas que aconteciam entre as moléculas inorgânicas da crosta terrestre. Os reagentes que eram utilizados eram formados provavelmente por ferro e enxofre, que eram muito abundantes na Terra primitiva.



Sulfeto de ferro + gás sulfídrico \rightarrow dissulfeto de ferro + gás hidrogênio + Energia

A partir desses organismos passou a surgir outros seres com capacidade de realizar fermentação, fotossíntese e finalmente, organismos que respiravam oxigênio. Cientistas descobriram um grupo de bactérias com características muito primitivas, que obtêm energia de um modo muito semelhante com o que foi descrito acima: elas utilizam sulfeto de ferro e gás sulfídrico como reagentes e obtêm dissulfeto de ferro, gás hidrogênio e energia como produtos. Essas bactérias são chamadas de quimiolitautotróficas e vivem próximas à vulcões e em fontes de água quente, situação muito parecida com as condições da Terra primitiva. Por isso, os cientistas acreditam que os primeiros seres vivos eram quimiolitautotróficos.

1.10 – A HIPÓTESE HETEROTRÓFICA

Os primeiros antecessores dos seres vivos só dispunham de uma fonte de matéria orgânica: os próprios oceanos primitivos, onde surgiram e eram encontrados. Como na atmosfera primitiva não havia oxigênio, eles só poderiam empregar essas moléculas orgânicas como fonte de energia pela via anaeróbica. Portanto, eram heterótrofos fermentadores.

A respiração anaeróbica libera CO_2 para a atmosfera. Com a ocorrência de mutações, os seres vivos foram progressivamente se alterando, até que alguns desenvolveram a capacidade de usar o CO_2 e a energia luminosa para executar a fotossíntese. Como esses organismos não dispunham de oxigênio atmosférico, eram autótrofos fermentadores.

Dessa forma, esses organismos passaram a liberar o oxigênio para a atmosfera, uma vez que esse gás é um subproduto da fotossíntese.

O advento do oxigênio tornou possível a realização da respiração aeróbica. Esse processo se mostrou muito vantajoso, pois, como já vimos, aproveita muito mais eficientemente a energia química presente nos compostos orgânicos. Basta lembrar que uma molécula de glicose, quando degradada pela via anaeróbica, permite a produção de apenas duas moléculas de ATP, ao passo que, pela via aeróbica, são 36 ou 38 moléculas. A partir de então, apareceram os organismos aeróbios, autótrofos e anaeróbios.

Naquela época a Terra era atingida por uma grande quantidade de raios ultravioleta, intolerável para os seres vivos. Como a água dificulta a passagem dessa radiação, quanto mais afastado da superfície dos oceanos um organismo vivo estiver mais protegido ele estará. Assim a vida primitiva deveria se desenvolver submersa. Com o advento do O_2 , formou-se, nas partes superiores da atmosfera, a camada de ozônio (O_3), que impedia a maior parte da penetração dos raios ultravioleta, permitindo aos seres vivos emergir e conquistar o ambiente terrestre, o ar e a superfície dos oceanos. É interessante notar que o aparecimento do CO_2 e do O_2 na atmosfera, fatos

que permitiram o desenvolvimento da fotossíntese e da respiração celular aeróbica, devem ter sido de consequências de mudanças ambientais determinadas pelos próprios seres vivos.



1.11 - A HIPÓTESE DA PANSPERMIA CÓSMICA

Segundo essa teoria os primeiros seres vivos teriam chagado à Terra em fragmentos de rochas oriundas do espaço, como, por exemplo, meteoritos. Então a Terra teria sido "contaminada" pela vida. Essa teoria não resolve o problema para explicar a origem dos seres vivos apenas "muda o problema de lugar". Algumas técnicas bioquímicas já detectaram fragmentos de componentes orgânicos em meteoritos. Porém seria impossível que um ser vivo resistisse as altas temperaturas geradas no atrito dos meteoritos com a atmosfera fato que torna essa teoria bastante improvável

2 - EVOLUÇÃO

2.1- BASES GENÉTICAS DA EVOLUÇÃO

2.1.1 - A EFICIÊNCIA DA VARIABILIDADE

À primeira vista, é difícil diferenciar um homocigoto dominante de um heterocigoto, pois a expressão do alelo dominante é praticamente a mesma, em dose simples ou dupla.

No início da década de 1960, técnicas de análises bioquímicas das proteínas permitiram determinar, entre os indivíduos que apresentam fenótipos dominantes, quais são heterocigotos e quais são homocigotos para determinados locos gênicos. Os seres humanos possuem em seus cromossomos, aproximadamente 40 mil locos gênicos, dos quais cerca de 10% são heterocigotos e 90% são homocigotos. Essa proporção não sofre grandes variações de um grupo humano para outro. A quantidade de pares de alelos em heterocigose pode ser usada como medida do grau de diversidade genética da espécie. Quanto mais genes estiverem em heterocigose maior é a probabilidade de dois indivíduos serem geneticamente diferentes.

A taxa de heterocigose varia de uma espécie para outra (figura 10).

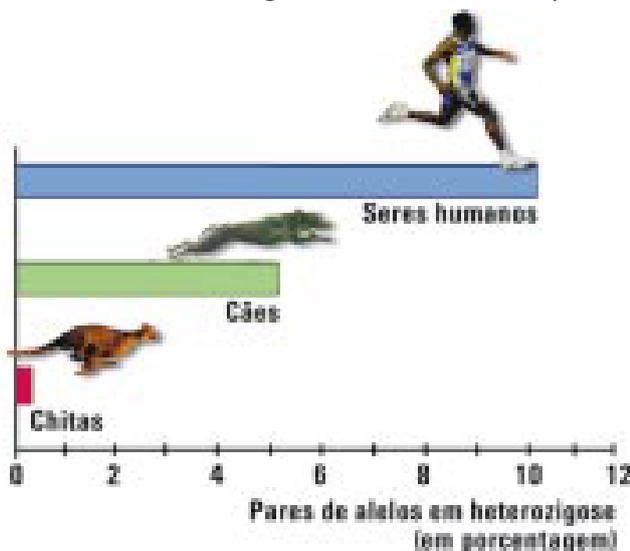


Figura 10: Comparação das taxas de heterocigose no homem, no cão e no guepardo (chita). Fonte: Modificado a partir de: http://questoesbiologicas.blogspot.com.br/2013/07/biologia-ufrj_23.html

Quanto maior for a diversidade genética, maior será a chance de sobrevivência da espécie, porque maior será a probabilidade de seus membros tolerarem as constantes alterações ambientais. Quando há grande semelhança genética entre os indivíduos de uma espécie, a capacidade de sobreviver as agressões do ambiente é pequena. Se as condições ambientais tornarem-se desfavoráveis a um indivíduo, provavelmente elas serão desfavoráveis a todos os organismos daquela espécie. Se uma espécie tem baixa variabilidade a chance de sobrevivência diminui. Com a redução da população, o número de cruzamentos aparentados aumenta e diminui ainda mais a diversidade genética.

2.1.2 – COMO SURGE A VARIABILIDADE A MUTAÇÃO

A heterozigose ocorre quando um loco gênico passa a apresentar uma alternativa de ocupação. Em outras palavras quando um dos alelos sofre mutação, ficando diferente do alelo que lhe deu origem. Do ponto de vista adaptativo as mutações podem ser prejudiciais, indiferentes ou benéficas. Não há uma "seleção prévia" de quais locos gênicos irão sofrer mutações e nem qual tipo de mutação irá ocorrer. Portanto a probabilidade da mutação ser prejudicial é maior do que a probabilidade de ser favorável. As mutações que determinam o aparecimento de características desfavoráveis tendem a desaparecer porque os indivíduos afetados têm menos chance de sobreviver e gerar descendentes. Aqueles que foram contemplados com uma mutação benéfica, mesmo sendo em menor número, devem ter vantagens sobre os demais membros da espécie, com maior probabilidade de sobrevivência e sucesso reprodutivo.

2.1.3 – TIPOS DE MUTAÇÃO

As mutações podem envolver:

- apenas um loco gênico (mutação gênica)
- cromossomos inteiros ou parte deles (mutação ou aberração cromossômica)

Mutações Gênicas: alteram a sequência de nucleotídeos do DNA, por substituição, adição ou remoção de bases. Podem conduzir à modificação da molécula de RNAm que é transcrita a partir do DNA e, conseqüentemente, à alteração da proteína produzida, o que tem, geralmente, efeitos no fenótipo.

- 1) **Mutação Silenciosa:** De acordo com o código genético, um certo aminoácido pode ser determinado por mais de um códon; algumas mutações, portanto, não alteram a seqüência de aminoácidos produzida pelo gene modificado e sua função permanece a mesma. Por exemplo: o aminoácido Prolina pode ser determinado pelos códons CCA, CCC, CCG e CCU. Portanto, uma mutação na terceira base desses códons não provocaria mudança na sequência de aminoácidos da cadeia polipeptídica. As mutações desse tipo são chamadas silenciosas e são bastante frequentes; elas são responsáveis por uma variabilidade genética que é sempre maior do que a diversidade de características.

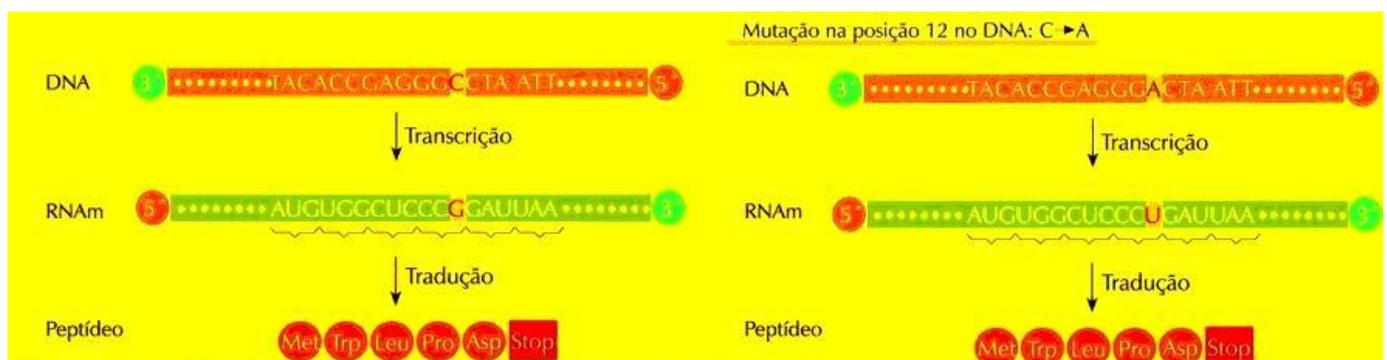


Figura 11: mostra uma mutação silenciosa que não altera o aminoácido da cadeia polipeptídica. Fonte: <http://geneticavirtual.webnode.com.br>

- 2) **Mutação com alteração ou perda de sentido (missense):** Existem mutações que alteram a proteína, pois causam a substituição de um aminoácido na proteína em formação. As conseqüências podem ser graves, alterando completamente a forma espacial e a função da proteína. É o caso da substituição de um nucleotídeo no gene responsável pela produção da hemoglobina, em que o códon GAA passa a ser GUA. Com isso, há substituição de um aminoácido na cadeia polipeptídica (Glutamato • Valina), que resulta na produção de hemoglobina defeituosa, causando uma doença chamada anemia falciforme. Ou seja, essa mutação altera o "sentido" do filamento codificador do gene ao especificar um aminoácido diferente.



Figura 12: Mostra uma mutação onde ocorreu uma troca de uma base do códon que alterou a sequência de aminoácidos da proteína. Fonte: <http://geneticavirtual.webnode.com.br>

- 3) Neutras:** há casos em que mutações na sequência de nucleotídeos e de aminoácidos não resultam na perda ou alteração da função da proteína. Certas regiões de uma molécula podem não ser essenciais ao seu funcionamento. A insulina, por exemplo, é um hormônio presente em todos os vertebrados, mas a molécula não é idêntica em todas as espécies. Quando comparamos a sequência de aminoácidos da insulina de duas ou mais espécies diferentes, observamos alterações na sequência que, no entanto, não prejudicam a forma e a função dessa proteína. Dizemos então que ocorreram mutações funcionalmente neutras, conservadas no genoma dos indivíduos ao longo das gerações.
- 4) Sem sentido:** é uma mutação que gera um dos três códons de parada (UAA, UAG, UGA). Se o RNAm for suficientemente estável para ser traduzido, o produto da tradução em geral será tão instável que sofrerá degradação dentro da célula. Esta situação poderá ser tão importante a ponto de levar o indivíduo a uma condição letal.

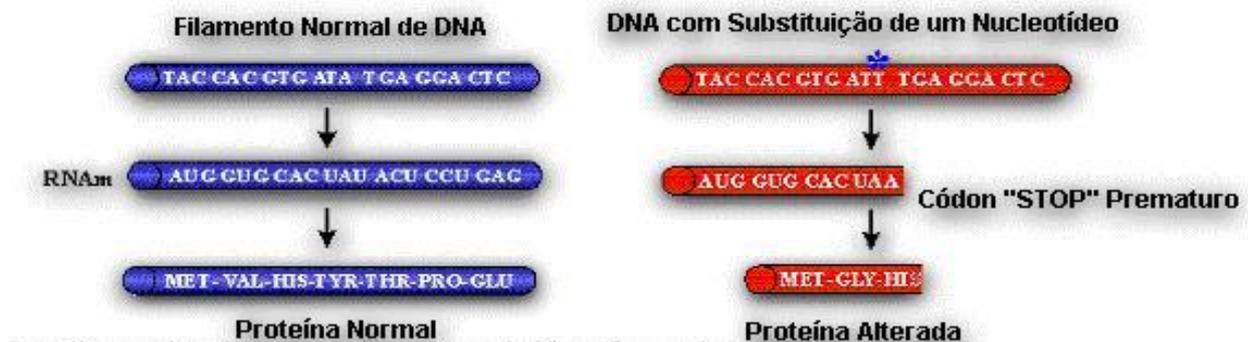


Figura 13: mutação genica sem sentido mostrando grande alteração na conformação final da proteína. Fonte: <http://geneticavirtual.webnode.com.br>

Mutações cromossômicas: são aquelas que envolvem fragmentos de cromossomos, cromossomos inteiros ou lotes de cromossomos. A mutação cromossômica pode ser numérica ou estrutural.

Mutação cromossômica numérica

As células portadoras de mutação numérica possuem quantidade de cromossomos diferente da normal para a espécie. A mutação numérica pode determinar variações de lotes de cromossomos (**euploidias**). Neste caso, as células afetadas apresentam menor quantidade de lotes (**haploidias**) ou maior quantidade de lotes (**poliploidias**). As **aneuploidias** são aberrações em que o número de cromossomos afetados é inferior a um lote cromossômico, afetando geralmente um ou poucos pares de cromossomos homólogos. Resultam de defeitos na separação de cromossomos na meiose (durante a formação dos gametas) ou na mitose.

TIPOS DE MUTAÇÃO		Nº lotes cromossômicos
Euploidias	Monoploidia	1
	Triploidia	3
	Tetraploidia	4
Aneuploidias	Nulissomia	$2n - 2$
	Monossomia	$2n - 1$
	Trissomia	$2n + 1$
	Tetrassomia	$2n + 2$

Ocorrendo não disjunção na meiose, surgem nãos gametas dois tipos de alteração cromossômicas: gametas com um cromossomo a menos e gametas com um cromossomo a mais. A fecundação envolvendo gametas com esses resulta em aneuploidias. Se um gameta com um cromossomo a menos unir-se a outro gameta semelhante, o zigoto terá um par de cromossomos homólogos a menos do que o normal. Essa alteração numérica é uma **nulissomia**. Se um gameta com um cromossomo a menos fecundar ou for fecundado por um gameta normal, o zigoto formado apresentará apenas um cromossomo do par de homólogos, caracterizando uma alteração chamada **monossomia**. Caso o gameta que fecunda (ou é fecundado) tiver um cromossomo a mais, o zigoto terá um cromossomo acrescentado a um dos seus pares de homólogos caracterizando a **trissomia**.

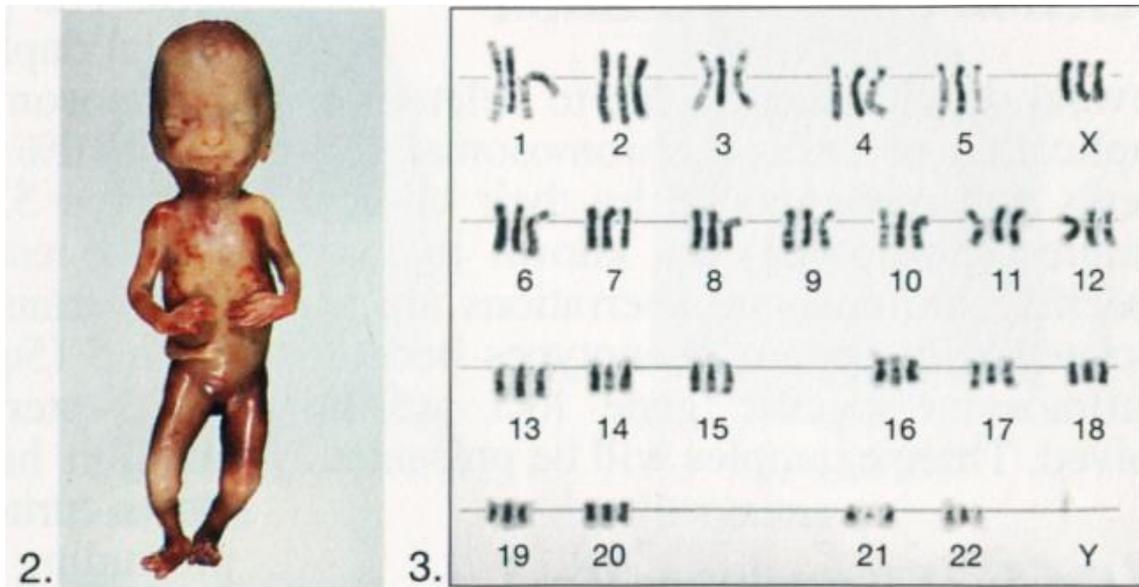


Figura 14: Mostra uma euploidia letal ao embrião classificada como triploidia, pois todos os homólogos estão triplicados. Fonte: <http://professoracabral.blogspot.com.br/>

Ilustração dos tipos de aneuploidias.

Aneuploidia	Representação		Ilustração
Nulissomia	$(2n - 2)$	dois cromossomos a menos	
Monossomia	$(2n - 1)$	um cromossomo a menos	
Trissomia	$(2n + 1)$	um cromossomo a mais	
Tetrassomia	$(2n + 2)$	dois cromossomos a mais	

Nota: Na espécie humana, não há caso de nulissomia compatível com a vida.

Um exemplo de monossomia é a síndrome de Turner, em que falta um dos cromossomos sexuais (45,X0). Outras monossomias podem ser detectadas na espécie humana envolvendo outros pares de cromossomos.

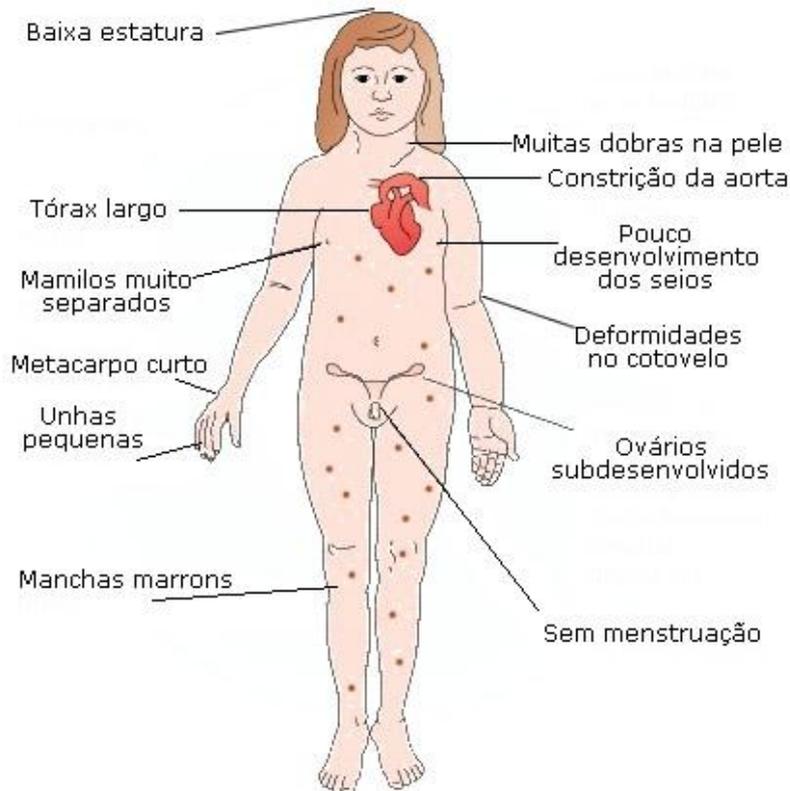


Figura 15: mostra as características da síndrome de Turner. Fonte: modificada a partir de www.infoescola.com

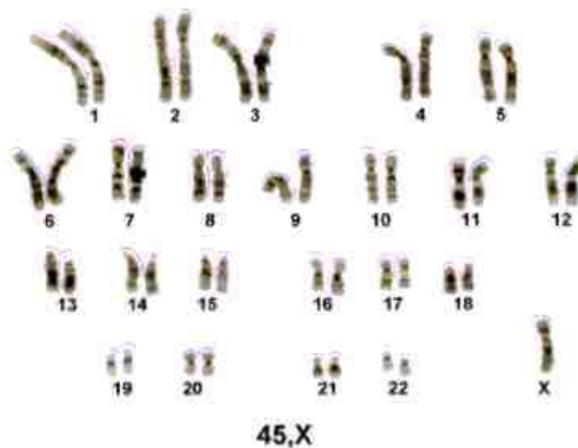


Figura 16: mostra o cariótipo da síndrome de Turner. Fonte: www.infoescola.com

As mais conhecidas aberrações cromossômicas humanas enquadram-se na categoria das trissomias. A síndrome de Down é uma trissomia do 21º par. A incidência dessa síndrome aumenta com a idade materna (figura 17), pois a não disjunção, que resulta em gametas anormais, ocorre geralmente nas células germinativas femininas.

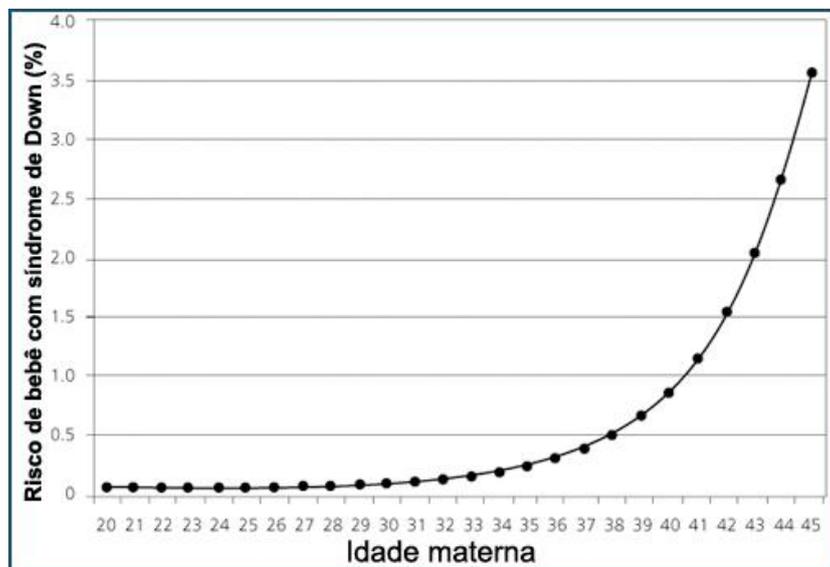


Figura 17: mostra a relação entre a incidência de síndrome de Down e idade materna. Fonte: <http://laboratoriogene.info>

Outros exemplos de aneuploidias na espécie humana são a síndrome de Klinefelter (47,XXY), a trissomia X ou superfêmea (47,XXX), síndrome do duplo Y (47,XYY), a síndrome de Patau (47,XX + 13) e a síndrome de Edwards (47,XX + 18).

* Mutação Cromossômica Estrutural

É uma alteração que não afeta a quantidade de cromossomos de uma célula, mas sim sua estrutura, determinando o aparecimento de cromossomos anormais. A mutação cromossômica estrutural pode ser de quatro tipos:

- a) **Deficiência ou deleção:** corresponde a perda de fragmentos cromossômicos, resultando na falta de um ou mais genes.
- b) **Duplicação:** corresponde a uma cópia extra de um fragmento cromossômico.
- c) **Inversão:** um cromossomo dobra-se sobre si mesmo, quebra-se e solda-se em posição invertida.

d) Translocação: ocorre a transferência de fragmentos de cromossomos não homólogos.

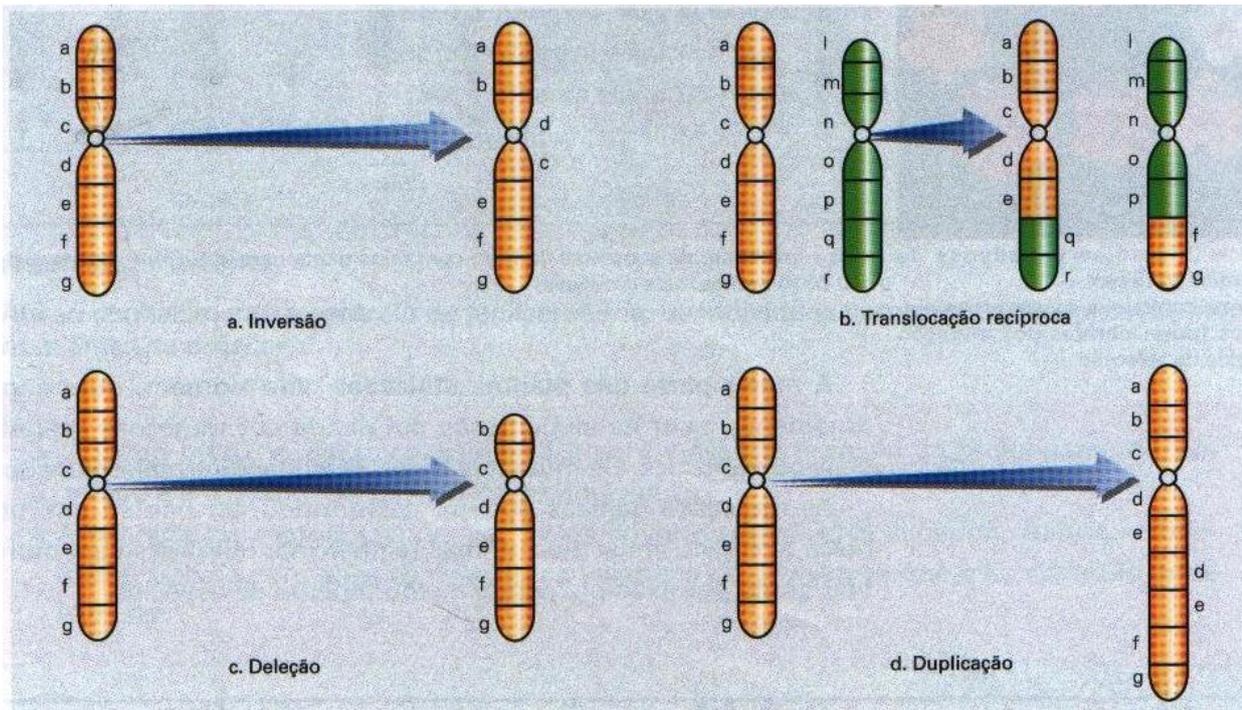


Figura 18: Mutações cromossômicas estruturais. Fonte: modificado a partir de <http://mapadocrime.com.sapo.pt>

2.1.4 – AGENTES MUTAGÊNICOS

Os agentes mutagênicos eleva a frequência das mutações, podendo ser físicos ou químicos. Entre os agentes físicos os mais conhecidos são os raios X, os raios gama e a radiação ultravioleta. O calor também aumenta a incidência de mutações.

São exemplos de agentes químicos o gás mostarda, o ácido nitroso (HNO₂) e alguns componentes da fumaça do cigarro. As mutações, em sua maioria, são reparadas por um sistema de reparação existente nas células. Esse sistema é composto por um exército de enzimas que rastreiam o DNA em busca de danos a serem reparados.

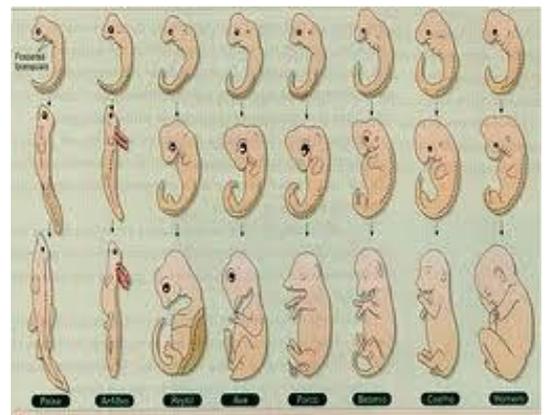
3 – EVOLUÇÃO: IDEIAS E EVIDÊNCIAS

3.1– EVIDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO

No século XIX, a ideia de que os seres vivos evoluíam provocou grande polêmica nos maíos científicos e religiosos. Os primeiros evolucionistas recorreram às evidências disponíveis na época para defender seus pontos de vista. De lá para cá, novos conhecimentos reforçam a ideia de evolução.

3.1.1 – ANATOMIA, EMBRIOLOGIA E BIOQUÍMICA COMPARADAS

A anatomia comparada revela semelhanças entre órgãos de diferentes espécies, explicada pela hipótese da ancestralidade comum. A biologia molecular possui técnicas capazes de analisar a semelhança de moléculas de proteína e ácidos nucleicos (DNA e RNA) em diferentes espécies, sugerindo o seu grau de parentesco. A embriologia comparada demonstra, também o grau de parentesco entre as diferentes espécies devido às semelhanças presentes nos seus embriões. Ao longo do tempo vão se acumulando diferenças entre as moléculas. A quantidade de



divergências, em tese, é proporcional ao tempo decorrido entre o aparecimento das espécies atuais e o eventual ancestral comum. Quanto mais distante no tempo a diversificação entre os ramos, mais diferentes são as moléculas (tabela 1).

Tabela 1: Numero de aminoácidos diferentes na cadeia beta da hemoglobina, comparada com a hemoglobina humana

Espécie	Número de aminoácidos diferentes
Chimpanzé	0
Gorila	1
Gibão	2
Macaco reso	8
Camundongo	27
Canguru	38
Galinha	45
Rã	67

3.1.2 – FÓSSEIS

Os fósseis são evidências que foram conservadas ao longo dos anos. Um fóssil é uma parte de um ser vivo que foi conservada em um processo de fossilização. Neste processo ocorre a deposição de minerais no ser vivo morto e sua consequente conservação. Em animais as partes moles, como músculos e vísceras, são degradadas pelos decompositores, porém, em alguns casos, os ossos acabam sofrendo o processo de mineralização. São possíveis fósseis de plantas, animais, bactérias entre outros. Os fósseis podem ser marcas deixadas por animais ou plantas (vestígios) ou o próprio ser vivo conservado (restos).



3.2– O EVOLUCIONISMO

3.2.1 – LAMARCK: A NECESSIDADE DETERMINA A EVOLUÇÃO

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck, naturalista francês, foi o primeiro a propor uma teoria sintética da evolução. Sua teoria foi publicada em 1809, no livro *Filosofia Zoológica*. O pensamento evolucionista de Lamarck baseava-se na premissa de que os seres vivos têm um **impulso interior** capaz de permitir sua adaptação ao meio, desde que pressionados por alguma necessidade imposta pelo ambiente. Os seres vivos adotariam novos hábitos de vida utilizando algumas partes do corpo com mais intensidade e outras com menos, as partes mais utilizadas se desenvolveriam, enquanto as menos utilizadas se atrofiariam ou chegariam mesmo a desaparecer. Essa hipótese tornou-se conhecida com a **lei do uso e desuso**.



As mudanças ocorridas nos organismos devido às imposições ambientais seriam transmitidas pela reprodução aos descendentes, segundo a **lei da transmissão das características adquiridas**.

Nas ideias de Lamarck, podem-se destacar dois aspectos principais:

- a) A lei do uso e desuso é válida para alguns órgãos, como músculos, que se desenvolvem por meio de exercícios, e se atrofiam com a inatividade.
- b) A lei da transmissão das características adquiridas não é válida em nenhuma circunstância. Os seres vivos transmitem a seus descendentes somente o seu material genético.

3.2.2 – DARWIN: “A SELEÇÃO NATURAL DIRECIONA A EVOLUÇÃO”

Às vésperas do Natal de 1831, Charles Robert Darwin (1809 – 1882) integrou-se a uma expedição para viajar ao redor do mundo, que duraria cerca de 5 anos. Durante toda a viagem, Darwin coletou materiais para estudos e fez inúmeras anotações, que serviram de base para o desenvolvimento de suas ideias.

De volta à Inglaterra Charles Darwin estava convencido de que os seres vivos se modificam adaptando-se ao meio. Durante cerca de vinte anos, organizou suas anotações, elaborando possíveis explicações para o mecanismo de adaptação dos seres vivos a seus ambientes.

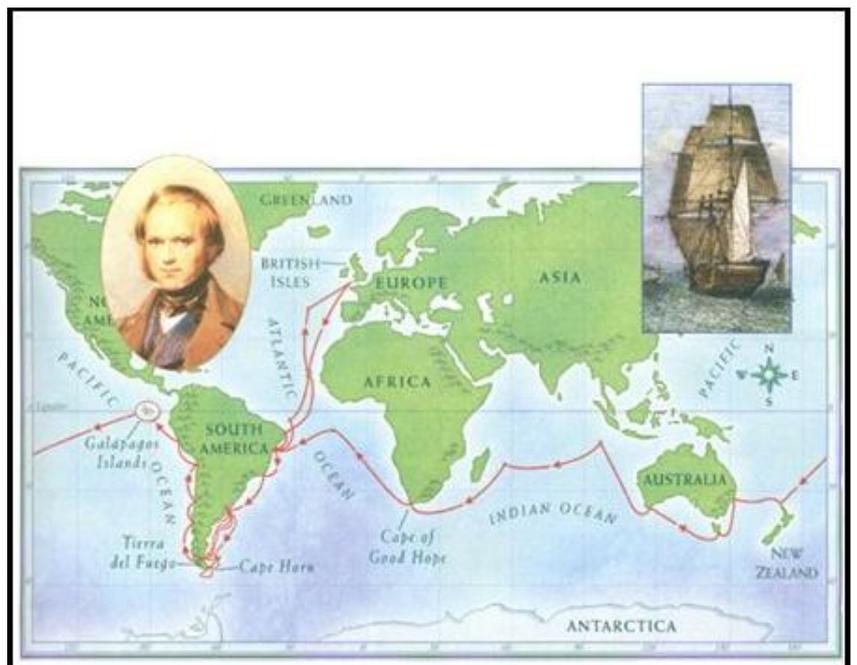
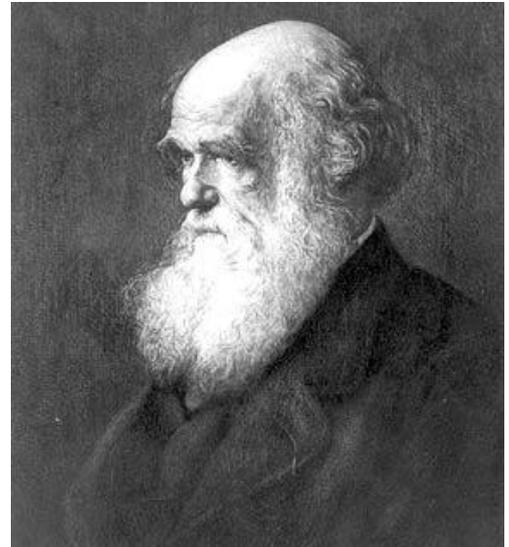
Estava envolvido com esta questão quando lhe chegou às mãos o texto escrito por Thomas Malthus. Segundo esse autor, a população humana cresce em progressão geométrica, enquanto a produção de alimentos cresce em uma progressão aritmética, ou seja, a população tinha ritmo de crescimento maior que a produção de alimentos. Essas ideias levaram Darwin a imaginar que, nas circunstâncias propostas por Malthus ocorreria uma grande luta pela sobrevivência.

Darwin explicava que cada espécie é formada por uma grande quantidade de indivíduos, essa diversidade é transmitida e vai se acentuando ao longo das gerações (**descendência com modificação**). Em cada grupo alguns indivíduos sobrevivem e outros são eliminados devido às pressões que o ambiente exerce sobre eles. Processo conhecido como **seleção natural**.

As ideias de Darwin foram compartilhadas apenas com poucas pessoas, até que, em 1858, o naturalista Alfred Russel Wallace enviou a Darwin uma cópia de um trabalho que havia acabado de terminar, solicitando sua apreciação. Quando Darwin o leu, percebeu que as ideias de Wallace sobre evolução eram muito semelhantes às suas. Os dois publicaram conjuntamente seus trabalhos em uma revista científica, sem despertar a atenção dos leitores. A partir de então Darwin iniciou a produção de sua maior obra, *A Origem das Espécies*, que seria publicada em 1859.

Os princípios básicos das ideias de Darwin podem ser resumidos no seguinte modo:

- a) Os indivíduos de uma mesma espécie apresentam variações em todos os caracteres, não sendo, portanto, idênticos entre si.



- b) Todo organismo tem grande capacidade de reprodução, produzindo muitos descendentes. Entretanto, apenas alguns dos descendentes chegam à idade adulta.
- c) O número de indivíduos de uma espécie é mantido mais ou menos constante ao longo das gerações.
- d) Assim, há grande "luta" pela vida entre os descendentes, pois apesar de nascerem muitos indivíduos poucos atingem a maturidade, o que mantém constante o número de indivíduos na espécie.
- e) Na "luta" pela vida, organismos com variações favoráveis às condições do ambiente onde vivem têm maiores chances de sobreviver, quando comparados aos organismos com variações menos favoráveis.
- f) Os organismos com essas variações vantajosas têm maiores chances de deixar descendentes. Como há transmissão de caracteres de pais para filhos, estes apresentam essas variações vantajosas.
- g) Assim, ao longo das gerações, a atuação da **seleção natural** sobre os indivíduos mantém ou melhora o grau de adaptação destes ao meio.

3.2.3 – LAMARCK E DARWIN: UMA COMPARAÇÃO

Tanto Darwin como Lamarck foram evolucionistas que explicaram as adaptações como resultado de mudanças nos seres vivos. Para Darwin o ambiente funciona como agente de seleção natural, atuando sobre a diversidade da espécie. Lamarck, por sua vez, considerava o ambiente como um elemento estimulador de mudanças adaptativas e herdáveis, nos seres vivos. Na visão desses dois estudiosos, como explicar o tamanho atual do pescoço das girafas?

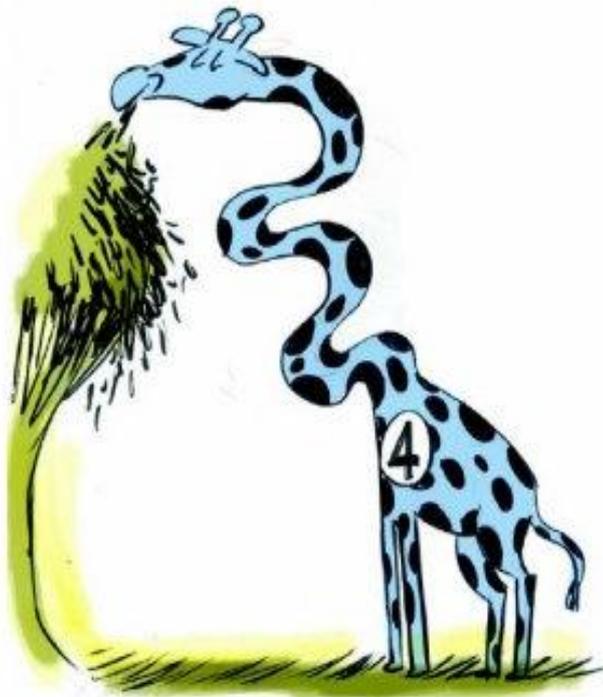


Lamarck	Darwin
O meio cria necessidades que induzem mudanças nos hábitos e nas formas dos indivíduos.	O meio exerce uma seleção natural que favorece os indivíduos portadores das características mais apropriadas para um determinado ambiente e num determinado tempo.
As novas características conseguem-se pelo uso ou desuso repetido de um órgão ou parte do corpo.	No seio de uma população certos indivíduos apresentam características que lhes conferem uma melhor adaptação em relação aos outros.
As características adquiridas são transmitidas aos descendentes.	Os mais aptos vivem mais tempo, reproduzem-se mais e transmitem as suas características aos descendentes.

Figura 19: Quadro comparativo entre as ideias de Lamarck e Darwin. Fonte: <http://probiokelinton.wordpress.com>

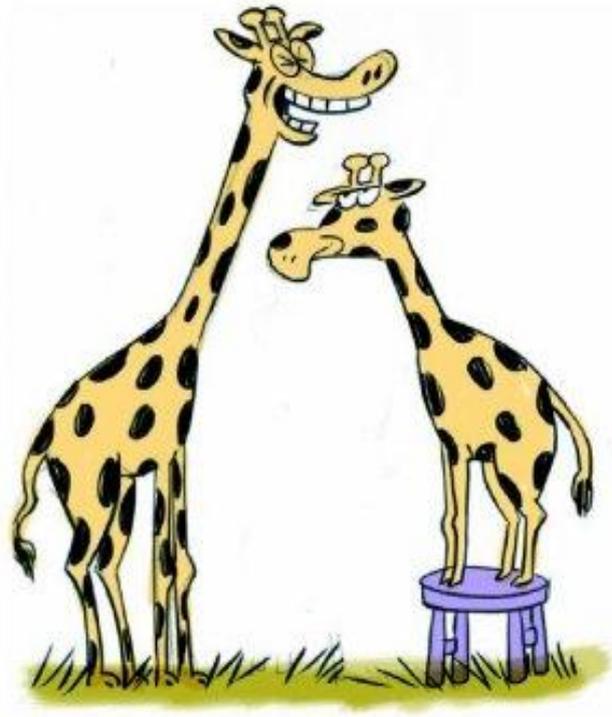
Jean-Baptiste LAMARCK

O francês foi o primeiro a dizer, em 1809, que os organismos se modificam. Os seres vivos se transformariam por esforço próprio, frente às exigências do meio. De acordo com a sua teoria, o pescoço das girafas cresceu, ao longo do tempo, para alcançar o alimento na copa das árvores.



Charles DARWIN

Havia girafas com pescoços curtos, médios e longos. Ao longo do tempo, sobreviveram as que tinham o pescoço mais comprido. O pesquisador não sabia explicar porque as girafas que descendiam de um mesmo casal de animais apresentavam diferenças entre si e porque algumas características dos pais eram transmitidas aos filhos.



Em 1865, seis anos depois da publicação de *A Origem das Espécies*, **Gregor Mendel**, considerado o pai da genética, formula as leis que regem a transmissão dos caracteres hereditários. Graças a esses estudos sabe-se hoje que organismos da mesma espécie apresentam diferenças em função da variabilidade genética. Uma das fontes dessa variabilidade é a mutação e a outra é a reprodução sexuada.

3.3- O PROCESSO EVOLUTIVO

A adaptação é o ajustamento de uma espécie ao ambiente, possibilitada por um conjunto de características que permitam a sobrevivência e a reprodução. Os fundamentos da teoria sintética da evolução incluem as principais ideias de Charles Darwin e Wallace complementada pelos conhecimentos relativos à genética clássica e às mutações.

- Os organismos de uma mesma espécie apresentam diversidade intraespecífica, isto é, diferem entre si em aspectos como acuidade visual, cor, tamanho, resistência a doenças e outros. A variabilidade genética de uma espécie é determinada pelas mutações e pela recombinação genética (proporcionada pela segregação independente dos cromossomos homólogos e pela ocorrência de *crossing-over*).
- O ambiente atua sobre a diversidade intraespecífica, selecionando os mais adaptados, que sobrevivem e se reproduzem. Esse processo é denominado seleção natural (figura 20).

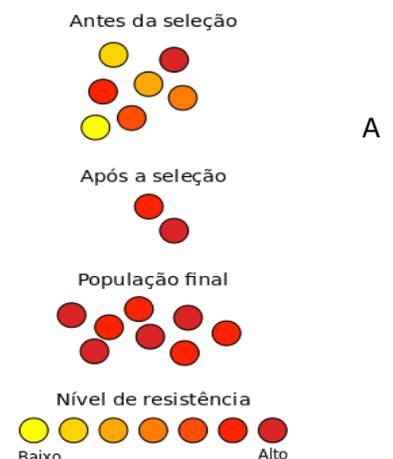


Figura 20: O efeito da seleção natural

Variações adaptativas são as que tornam mais viável a sobrevivência e a reprodução em um determinado habitat ou nicho ecológico. Os organismos bem adaptados têm maior probabilidade de sobrevivência e, com isso, a possibilidade de gerarem descendentes que herdarão suas características. A seleção natural estabelece, portanto, uma taxa diferencial de reprodução. Esse fato faz com que, ao longo do tempo, as frequências gênicas da população se alterem. As mutações acrescentam novos conjuntos gênicos na população, além dos processos de fluxo gênico, recombinação gênica e permutação gênica.

O processo de seleção natural pode ser dividido em três: direcional, estabilizadora e disruptiva.

• **Seleção Direcional** (figura 21)

É aquela em que um fenótipo extremo é favorecido e tende a aumentar sua frequência na população. Imagine, por exemplo, que em uma população de presas haja indivíduos com três cores diferentes: branca, cinza-claro e cinza-escuro. Imagine que essa população viva em um ambiente claro, coberto por gelo e neve, por exemplo. É claro que os indivíduos brancos serão beneficiados pelo ambiente, visto que estarão melhor camuflados e, portanto, protegidos dos predadores. Portanto, a forma extrema branca irá aumentar sua frequência em detrimento da intermediária cinza-claro ou da outra extrema cinza-escuro.

• **Seleção Estabilizadora** (figura 21)

Dá-se quando o fenótipo intermediário é favorecido. Um bom exemplo de seleção estabilizadora é a anemia falciforme em algumas regiões da África. Essa doença é determinada por um alelo recessivo **s**. Em regiões africanas onde há muitos casos de malária, foi verificada uma frequência acima do esperado para o alelo **s** na população. Ele deveria ser raro porque provoca uma doença grave que é a anemia falciforme. As pesquisas demonstraram que o heterozigoto **Ss** é mais resistente à malária que o homozigoto **SS**. A malária, portanto, nessa região, fornece uma pressão seletiva para a permanência do alelo **s** em altas taxas, portanto favorecendo o caráter intermediário (**Ss**).

• **Seleção diversificadora ou disruptiva** (figura 21)

É aquela em que os fenótipos extremos são favorecidos em detrimento do intermediário.

Exemplo: revista "Nature" 26.10.00

No reino dos *Passerina amoena*, uma espécie pequena de ave que habita a América do Norte, é preciso ser "bonito" ou "feio" para fazer sucesso com as fêmeas. Estar entre esses extremos é sinal de dificuldade, quando chega a hora do acasalamento. Parentes do canário, os *P. amoena* têm uma coloração que varia do turquesa vívido ao marrom apagado. Logo após o primeiro ano de vida, começa a busca por parceiras. Os de coloração mais forte, por serem mais agressivos, conseguem competir e ocupar o território de machos adultos, conseguindo assim um número significativo de parceiras. Já os de coloração apagada invadem os domínios alheios, mas são bem tolerados pelos machos adultos, o que lhes garante também fêmeas para o acasalamento. No entanto, como mostra estudo de Erick Greene e colegas da Universidade de Montana (Estados Unidos), os de coloração intermediária acabam com o menor número de acasalamentos, pois são muito vistosos para ser tolerados pelos machos adultos e, ao mesmo tempo, não são agressivos o suficiente para lutar por um território próprio.

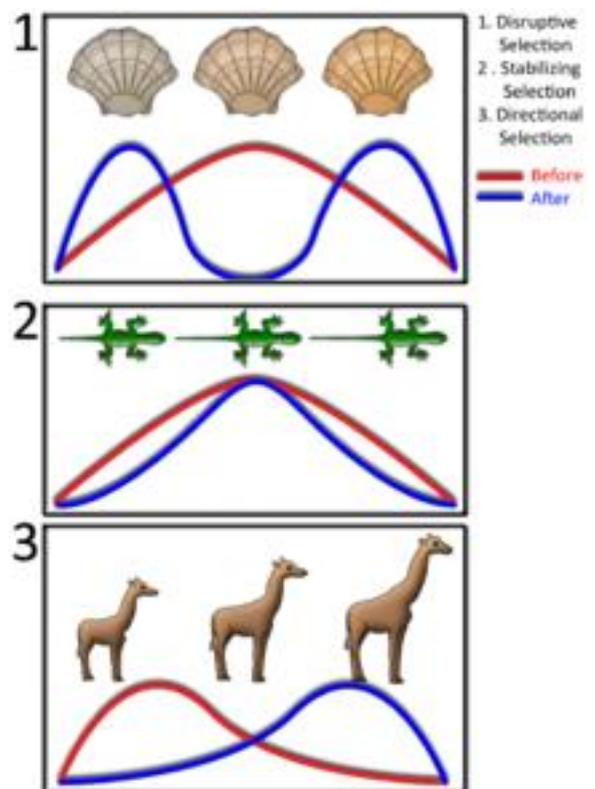


Figura 21: tipos de seleção.

3.3.1 – IRRADIAÇÃO ADAPTATIVA

É quando um grupo ancestral se dispersa por diferentes ambientes, cada qual com fatores de seleção natural próprios. Por seleção natural podem surgir diferentes variações adaptativas. Os organismos portadores de variações favoráveis podem sobreviver e originar diferentes espécies adaptadas aos ambientes em que se desenvolvem. As novas espécies geradas ainda apresentarão alguns aspectos semelhantes devido a sua ancestralidade comum. Na irradiação adaptativa forma-se **órgãos homólogos**.

- **Órgãos Homólogos:** Embora pertençam a indivíduos de espécies diferentes e, por isso, tenham funções diferentes esses órgãos apresentam uma estrutura interna muito semelhante e uma origem embrionária comum.

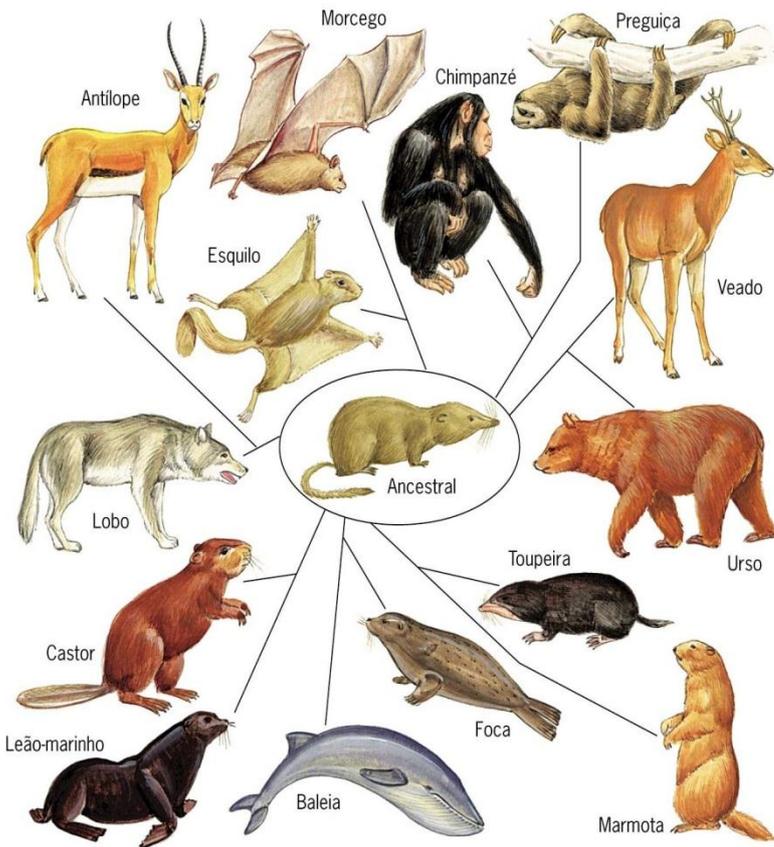
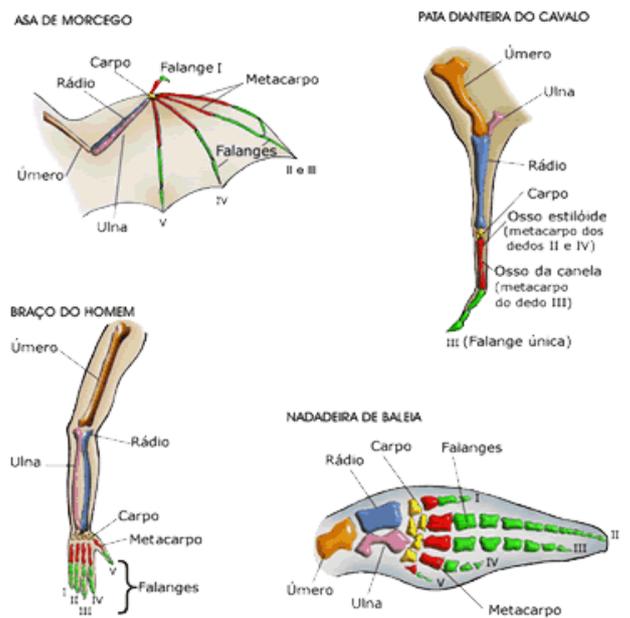


Figura 22: mostra processo de irradiação adaptativa.

Fonte: naturalistaemcena.blogspot.com.br

Figura 23: Mostra as semelhanças entre os órgão homólogos.

Fonte: www.sobiologia.com.br



3.3.2 – CONVERGÊNCIA ADAPTATIVA

Na convergência adaptativa, ou evolução convergente, os organismos de origens diferentes, que vivem no mesmo ambiente há muito tempo, sendo submetidos a pressões de seleção semelhantes, acabam por se parecer. Aqui, a semelhança não é sinal de parentesco; ela resulta da ação da seleção natural sobre espécies de origens diferentes. É evidente que os animais aquáticos que tenham a forma de seu corpo adaptada à natação serão selecionados favoravelmente, não importando quais sejam seus ancestrais. A forma do corpo das baleias e dos tubarões, por exemplo, é bastante semelhante; afinal, ambos, são animais adaptados à natação. Na convergência adaptativa ocorre a formação de **órgãos análogos**.

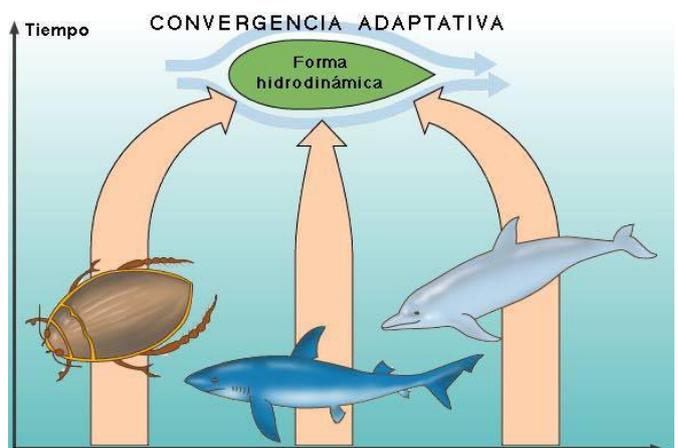
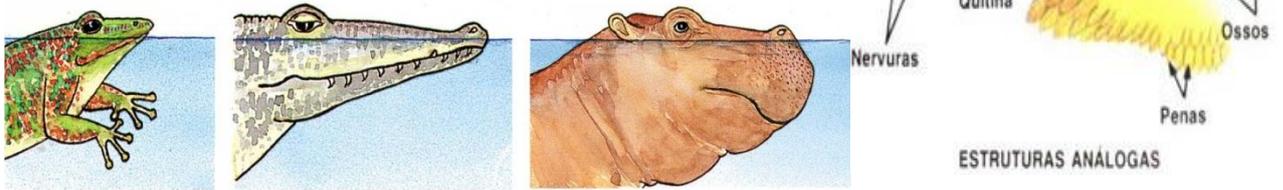


Figura 24

Na convergência adaptativa ocorre a formação de **órgãos análogos**.

- **Órgãos Análogos:** Os órgãos análogos são semelhantes quanto a sua aparência externa, pois desempenham a mesma função, mas têm estrutura interna diferente e diferente origem embrionária.



Figuras 25 e 26: Mostram órgão análogos formados na convergência adaptativa

3.3.3 – ESPECIAÇÃO

É um processo de formação de novas espécies. Normalmente, inicia-se com a separação de indivíduos de uma espécie em duas ou mais populações distintas com a criação de uma barreira física de difícil transposição, situação conhecida como **isolamento geográfico**. Essa barreira física impede a passagem de indivíduos de uma população para outra e, com isso, impede-se, também, o fluxo de genes entre essas populações. Nas duas populações, submetidas à ação da seleção natural em ambos os lados da barreira, podem surgir mutações que se integram ao *pool* gênico das populações.

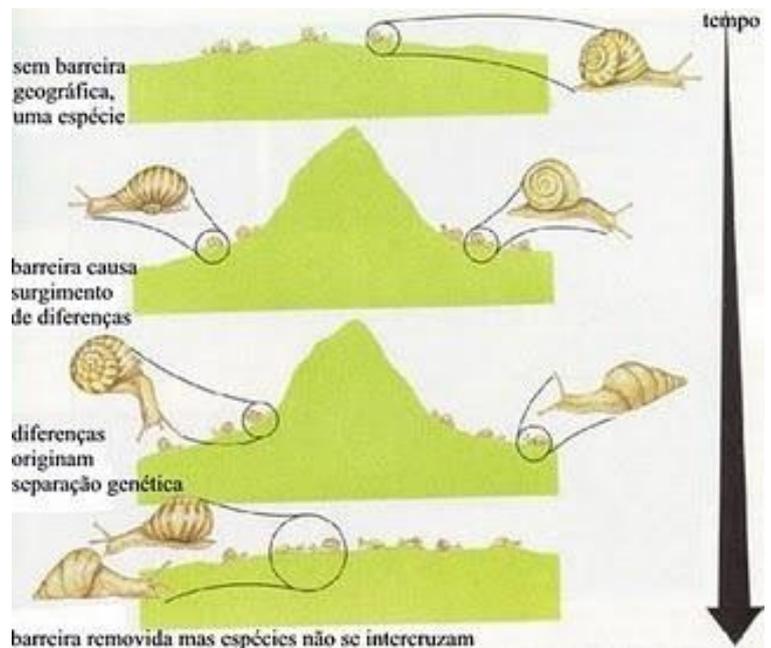


Figura 27: Ilustra o processo de isolamento geográfico

A probabilidade de ocorrência da mesma mutação em indivíduos das duas populações é pequena, e a existência da barreira física impede o fluxo de genes. As diferenças entre os indivíduos desses grupos acentuam-se, culminando com o **isolamento reprodutivo** e a formação de novas espécies.

- Isolamento reprodutivo: significa que em geral os organismos de diferentes espécies não se cruzam. Nos casos em que há cruzamento, ou não nascem descendentes ou nascem descendentes estéreis. Existem diversos mecanismos que agem no isolamento reprodutivo. Esses mecanismos são classificados em pré-zigóticos (que impedem a fecundação) e pós-zigóticos (que impedem a viabilidade do embrião ou a capacidade de reprodução dos descendentes).
- **Pré-zigóticos:**
 - a) **Isolamento ecológico:** mantido através da adaptação de uma determinada população a um habitat específico, limitando-se a esse;
 - b) **Isolamento estacional:** caracterizado pela diferença no período reprodutivo das populações;
 - c) **Isolamento mecânico:** diferenças na compatibilidade dos órgãos reprodutivos, impossibilitando a cópula.
 - d) **Isolamento etológico:** relativo ao arquétipo comportamental (padrão definidor de uma espécie), envolvendo fatores de assimilação entre o organismo macho e fêmea, por exemplo, identificação química efetivada por feromônios.

- **Pós-zigóticos:**

- a) **Mortalidade do zigoto:** caso os gametas de espécies diferentes se fecundem, o zigoto pode vir a não se formar.
- b) **Inviabilidade do híbrido:** Se o híbrido vier a se formar e sobreviver, torna-se incapaz de procriar, em consequência de sua baixa adaptabilidade.
- c) **Esterilidade do híbrido:** espécies diferentes se entrecruzam, porém gerando descendentes estéreis.

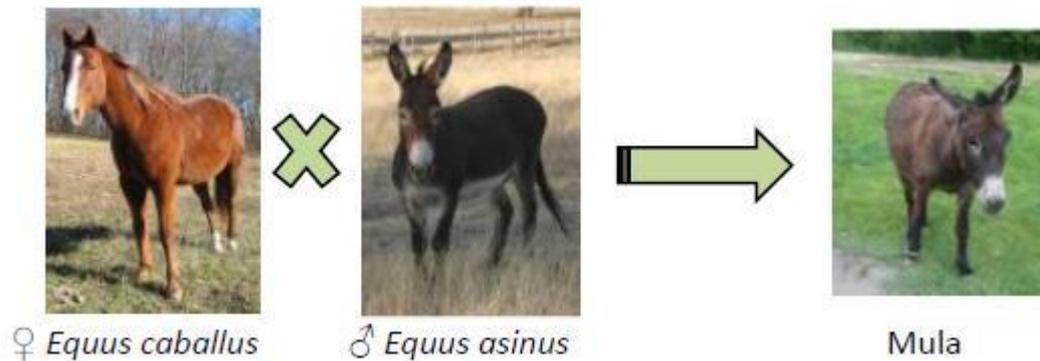


Figura 28: Mostra o cruzamento entre espécies distintas gerando um híbrido estéril. Mecanismo de isolamento reprodutivo pós-zigótico. No caso o cruzamento da égua (*Equus caballus*) com o burrinho (*Equus asinus*) gerando o híbrido (Mula).

Tipos de Especiação

A especiação pode ocorrer de diferentes formas dentro de uma população. Podemos encontrar três tipos básicos de especiação, levando-se em consideração aspectos geográficos.

- a) **Especiação alopátrica:** acontece quando duas populações de uma espécie são separadas por uma barreira geográfica. Essa barreira geográfica, que pode ser uma montanha, um deserto ou floresta, por exemplo, causa uma separação espacial (alopatria). Nesse caso, falamos que ocorreu um isolamento geográfico. Quando essas populações se separam, podem sofrer diferentes pressões, uma vez que estão em áreas diferentes. Essas pressões, com o passar do tempo, fazem com que ocorra uma divergência genética e, conseqüentemente, um possível isolamento reprodutivo. Muitos consideram esse tipo de especiação como o principal modelo de especiação. O efeito do fundador é um tipo especial de especiação alopátrica. Nesse processo, uma pequena parte de uma grande população migra para fora dos ambientes da população original. A pequena população, geralmente, é levada à extinção. Entretanto, quando as pequenas populações são bem-sucedidas, elas são conduzidas a uma especiação mais rápida, em virtude, principalmente, da deriva genética. Uma evidência da especiação alopátrica pode ser observada em ilhas, em que uma espécie acaba se diferenciando na aparência e ecologia. O exemplo mais clássico são os tentilhões observados por Darwin nas ilhas Galápagos, que se diferenciam principalmente pela forma do bico que é adaptada ao tipo de alimentação de cada uma das 14 espécies.
- b) **Especiação simpátrica:** a especiação simpátrica não requer distância geográfica em larga escala para reduzir o fluxo gênico entre as partes de uma população. Como poderia uma população de acasalamento aleatório reduzir o fluxo gênico e causar especiação? Simplesmente explorar um novo nicho pode automaticamente reduzir o fluxo gênico com indivíduos que exploram outros nichos. Isto ocasionalmente pode acontecer quando, por exemplo, insetos herbívoros experimentarem uma nova planta hospedeira.
- c) **Especiação parapátrica:** ocorre quando duas populações de uma mesma espécie diferenciam-se e ocupam áreas contíguas, mas ecologicamente distintas. Por estarem em áreas de contato, é possível o intercruzamento, que acaba gerando híbridos. Essas áreas são chamadas de zona híbrida e acabam se tornando uma barreira ao fluxo gênico entre as espécies que estão se

formando. Podemos citar como exemplo de especiação **parapátrica** o caso da grama *Anthoxanthum*. Parte dessa espécie diferenciou-se graças à presença de metais no solo, passando a ter floração em época diferente, o que impossibilitou o cruzamento com a população original.

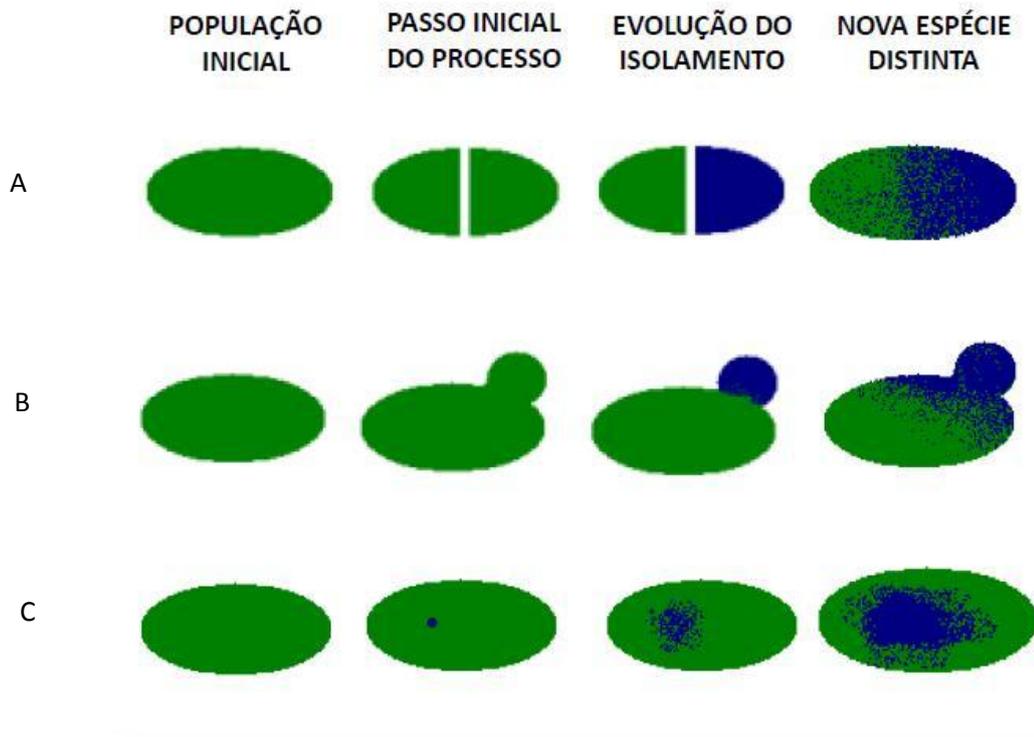


Figura 29: Ilustra os três tipos básicos de especiação. Em (A) especiação alopátrica, em (B) especiação parapátrica e em (C) especiação simpátrica.

3.3.4 – DERIVA GENÉTICA

Desastres ecológicos, como incêndios florestais, inundações, desmatamentos, etc., podem reduzir tão drasticamente o tamanho de uma população que os poucos sobreviventes não são amostras representativas da população original, do ponto de vista genético. Por acaso, e não por critérios de adaptação, certos alelos podem ter a sua frequência subitamente aumentada, enquanto os outros alelos podem simplesmente desaparecer. Esse fenômeno é denominado deriva gênica.

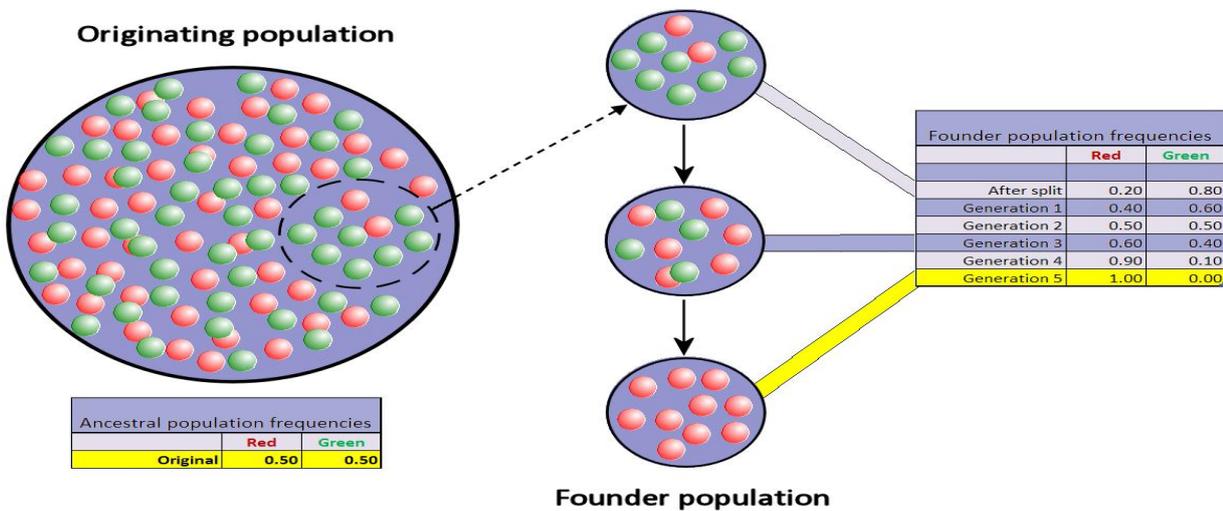


Figura 30: Ilustra a deriva genética ocorrida em uma população que foi reduzida de forma drástica e com o passar das gerações uma das características deixa de fazer parte dessa população.

3.3.5 – ANAGÊNESE E CLADOGÊNESE

Anagênese (ana = para cima; gênese = origem): representa a progressiva evolução de caracteres que surgem ou se modificam, alterando a frequência genética de uma população. Portanto, uma inovação orgânica, favorável ou desfavorável, selecionada e adaptada ao ambiente. Geralmente se estabelecem por eventos relacionados à mutação e permutação em cromossomos homólogos.

Cladogênese (clado = ramo): compreende a ramificação filogenética, ocasionando a ruptura na coesão de uma população, que em função de contínuas transformações anatômicas e funcionais, em resposta às condições ambientais, resultam na dicotomia (separação, neste caso em grupos) da população, estabelecendo diferenças capazes de originar clados não compatíveis.

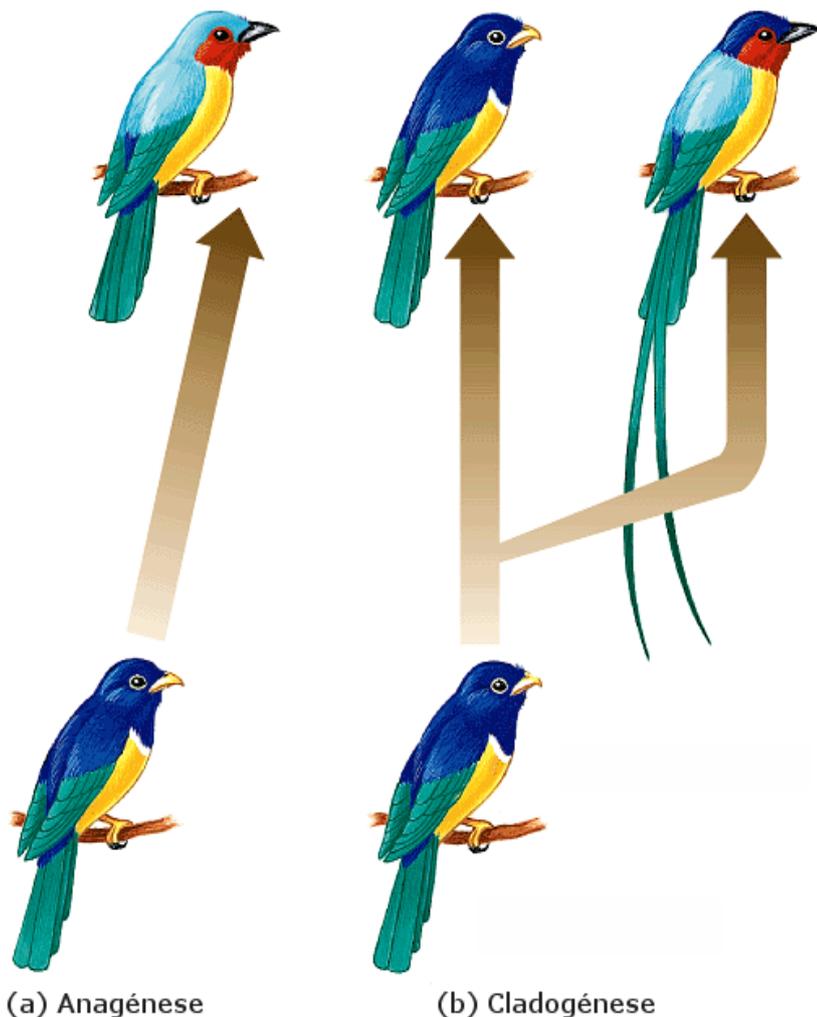


Figura 31: Mostra as diferenças entre anagênese e cladogênese

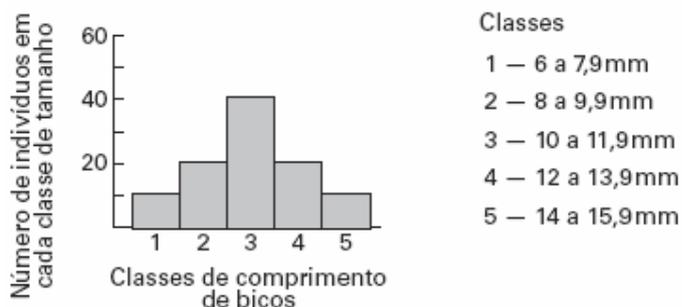
TESTES DE VESTIBULARES:

01)(Ufscar 2001) "O meio ambiente cria a necessidade de uma determinada estrutura em um organismo. Este se esforça para responder a essa necessidade. Como resposta a esse esforço, há uma modificação na estrutura do organismo. Tal modificação é transmitida aos descendentes."

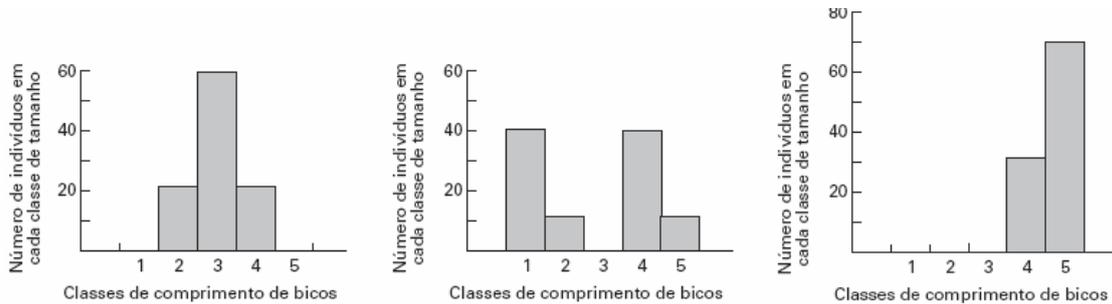
O texto sintetiza as principais ideias relacionadas ao

- a) fixismo.
- b) darwinismo.
- c) mendelismo.
- d) criacionismo.
- e) lamarckismo.

02) (Vunesp-2005) Pesquisadores que estudavam a população de uma espécie de ave que se alimenta de sementes, habitante de uma ilha, mediram o comprimento dos bicos de cem indivíduos. A figura representa a distribuição de frequência de indivíduos em cada classe de comprimento de bicos.



Após uma seca prolongada, a maioria das plantas da ilha que produziam sementes pequenas morreu, predominando na área plantas com sementes grandes. Sucessivas gerações de aves foram submetidas a essa condição. Considerando que há uma relação direta entre o tamanho dos bicos e o tamanho das sementes que as aves conseguem quebrar e comer, foram elaborados três gráficos para representar a tendência esperada, após algumas gerações, na distribuição de frequência de comprimento de bicos na população.



Assinale a alternativa que indica o gráfico que melhor representa a tendência esperada e o nome que se dá ao processo responsável por essa mudança na frequência.

- a) Gráfico 3; seleção natural.
- b) Gráfico 1; isolamento reprodutivo.
- c) Gráfico 2; isolamento geográfico.
- d) Gráfico 3; isolamento reprodutivo.
- e) Gráfico 1; seleção natural.

03) (UFSCar-2000) Considere as três frases abaixo.

I. Duas populações de uma mesma espécie, vivendo em ambientes diferentes e isoladas geograficamente, terão obrigatoriamente o mesmo conjunto gênico.

II. A condição inicial básica para que ocorra o processo de formação de raças é o isolamento geográfico.

III. O critério que melhor distingue duas espécies entre si é o das diferenças fisiológicas e bioquímicas.

Indique a alternativa correta, quanto ao conteúdo das frases.

- a) II.
- b) I, II e III.
- c) I e II.
- d) I e III.
- e) II e III.

04) (PUC-RS-2001) Quais dos cientistas abaixo deram as maiores contribuições para o desenvolvimento da teoria da evolução?

- a) Mendel, Newton e Darwin.
- b) Lineu, Aristóteles e Wallace.
- c) Pasteur, Lavoisier e Darwin.
- d) Lamarck, Darwin e Lavoisier.
- e) Darwin, Wallace e Lamarck.

05) (PUC-RS-2001) Em março de 2001, os jornais divulgaram a descoberta de um novo fóssil de homínido na África: o *Kenyanthropus platypus*. Acredita-se que o *Kenyanthropus platypus* substituiu o *Australopithecus afarensis* na linhagem evolutiva que deu origem, há cerca de 100 a 200 mil anos, ao homem moderno. Apesar dessa descoberta, a classificação zoológica do homem atual permanece

inalterada, pertencendo ele aos táxons Chordata, Mammalia, Hominidae, Homo e Homo sapiens, os quais se referem, respectivamente, a

- a) filo, família, ordem, gênero e espécie.
- b) classe, família, ordem, espécie e subespécie.
- c) classe, ordem, família, gênero e espécie.
- d) filo, classe, família, gênero e espécie.
- e) filo, ordem, família, espécie e subgênero.

06) (Unicamp-2004) O melanismo industrial tem sido frequentemente citado como exemplo de seleção natural. Esse fenômeno foi observado em Manchester, na Inglaterra, onde, com a industrialização iniciada em 1850, o ar carregado de fuligem e outros poluentes provocou o desaparecimento dos líquens de cor esbranquiçada que viviam no tronco das árvores. Antes da industrialização, esses líquens permitiam a camuflagem de mariposas da espécie *Biston betularia* de cor clara, que eram predominantes. Com o desaparecimento dos líquens e escurecimento dos troncos pela fuligem, as formas escuras das mariposas passaram a predominar.

- a) Por que esse fenômeno pode ser considerado um exemplo de seleção natural?
- b) Como a mudança ocorrida na população seria explicada pela teoria de Lamarck?

07) (PUC-RJ-2002) "A capacidade de errar ligeiramente é a verdadeira maravilha do DNA. Sem esse atributo especial, seríamos ainda bactéria anaeróbia, e a música não existiria (...). Errar é humano, dizemos, mas a idéia não nos agrada muito, e é mais difícil ainda aceitar o fato de que errar é também biológico" (Lewis Thomas. *A medusa e a lesma*, ed. Nova Fronteira, RJ, 1979). Esse texto refere-se a uma característica dos seres vivos. É ela:

- a) seleção natural.
- b) reprodução.
- c) excitabilidade.
- d) excreção.
- e) mutação.

08) (Vunesp-2005) Uma vez que não temos evidência por observação direta de eventos relacionados à origem da vida, o estudo científico desses fenômenos difere do estudo de muitos outros eventos biológicos. Em relação a estudos sobre a origem da vida, apresentam-se as afirmações seguintes.

I. Uma vez que esses processos ocorreram há bilhões de anos, não há possibilidade de realização de experimentos, mesmo em situações simuladas, que possam contribuir para o entendimento desses processos.

II. Os trabalhos desenvolvidos por Oparin e Stanley Miller ofereceram pistas para os cientistas na construção de hipóteses plausíveis quanto à origem da vida.

III. As observações de Oparin sobre coacervados ofereceram indícios sobre um processo que constituiu-se, provavelmente, em um dos primeiros passos para a origem da vida, qual seja, o isolamento de macromoléculas do meio circundante.

Em relação a estas afirmações, podemos indicar como corretas:

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

09) (Vunesp-1999) Três populações de insetos, X, Y e Z, habitantes de uma mesma região e pertencentes a uma mesma espécie, foram isoladas geograficamente. Após vários anos, com o desaparecimento da barreira geográfica, verificou-se que o cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Y produzia híbridos estéreis. O cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Z produzia descendentes férteis, e o dos indivíduos da população Y com os da população Z não produzia descendentes. A análise desses resultados permite concluir que:

- a) X, Y e Z continuaram pertencendo à mesma espécie.
- b) X, Y e Z formaram três espécies diferentes.
- c) X e Z tornaram-se espécies diferentes e Y continuou a pertencer à mesma espécie.
- d) X e Z continuaram a pertencer à mesma espécie e Y tornou-se uma espécie diferente.
- e) X e Y continuaram a pertencer à mesma espécie e Z tornou-se uma espécie diferente.

10) (Mack-2002) Considere as seguintes ocorrências nos seres vivos.

- I. Reprodução assexuada
- II. Autofecundação
- III. Predatismo
- IV. Competição
- V. Mutação

São favoráveis para a ocorrência de evolução, apenas:

- a) I e II.
- b) III e IV.
- c) IV e V.
- d) I, II e V.
- e) III, IV e V.

11) (UFla/ PAS-2001) Dentre as experiências realizadas para explicar a origem dos seres vivos, as de Louis Pasteur no século XIX, foram conclusivas no sentido de solidificar a teoria da _____ e derrubar a teoria da _____.

- a) evolução; geração espontânea.
- b) geração espontânea; biogênese.
- c) biogênese; geração espontânea.
- d) biogênese; evolução.
- e) evolução; biogênese.

12) (Fatec-2002) A teoria sintética ou teoria moderna da evolução considera três fatores evolutivos principais, que são:

- a) uso e desuso, transmissão das características adquiridas e seleção natural.
- b) uso e desuso, seleção natural e migração.
- c) mutação gênica, uso e desuso e migração.
- d) mutação gênica, uso e desuso e seleção natural.
- e) mutação gênica, recombinação gênica e seleção natural.

Gabarito Questões de Evolução

- 1) E
- 2) A
- 3) A
- 4) E
- 5) D

6) a) As mariposas camufladas são menos predadas, portanto são selecionadas pelo meio ambiente.

b) Segundo a teoria de Lamarck, a mudança ocorrida no meio faria com que as mariposas claras fossem alternando seu fenótipo e, portanto, tornando-se escuras. Posteriormente descendentes já nasceriam com a cor escura (transmissão hereditária das características adquiridas).

7) E

8) D

9) D

10) E

11) C

12) E