



AVISO IMPORTANTE:

Este é um **Material de Demonstração**

Este arquivo é apenas uma amostra do conteúdo completo da Apostila.

Aqui você encontrará algumas páginas selecionadas para que possa conhecer a qualidade, estrutura e metodologia do nosso material. No entanto, **esta não é a apostila completa.**

POR QUE INVESTIR NA **APOSTILA COMPLETA?**



Conteúdo totalmente
alinhado ao edital



Teoria **clara, objetiva**
e sempre **atualizada**



Questões **gabaritadas**



Diferentes práticas que
otimizam seus estudos



Ter o material
certo em mãos
transforma sua
preparação e
aproxima você da
APROVAÇÃO.



Garanta agora o acesso completo e
aumente suas chances de aprovação:

<https://www.editoragabaritei.com.br/>





SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DO CEARÁ

SEDUC-CE

Professor de Biologia

EDITAL Nº 014/2026

GBT-042AG-26

SUMÁRIO

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

Origem da Vida e Organização dos Seres Vivos. Origem da vida e teorias evolutivas sobre o surgimento dos seres vivos. Características gerais dos seres vivos. Níveis de organização biológica. Método científico e produção do conhecimento biológico	5
Biologia Celular. Teoria celular e tipos celulares. Estrutura e função das organelas celulares. Membrana plasmática e transporte celular. Núcleo, ciclo celular e divisão celular. Noções básicas de microscopia óptica e eletrônica	24
Reprodução e Desenvolvimento dos Seres Vivos. Reprodução assexuada e sexuada. Gametogênese e fecundação. Desenvolvimento embrionário. Reprodução humana, animal e vegetal.....	41
Bioquímica e Metabolismo Celular. Composição química dos seres vivos. Biomoléculas: carboidratos, lipídios, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas e sais minerais. Enzimas, ATP e metabolismo energético. Respiração celular, fermentação, fotossíntese e quimiossíntese.....	50
Biologia Molecular e Biotecnologia. Estrutura, função do DNA e RNA. Replicação, transcrição e tradução. Código genético e regulação gênica. Engenharia genética e DNA recombinante e organismos geneticamente modificados, clonagem e terapia gênica	54
Genética. Leis de Mendel. Interações gênicas, heranças genéticas e grupos sanguíneos. As bases cromossômicas da herança	71
Evolução Biológica. Teorias evolutivas e Teoria Sintética da Evolução. Seleção natural, adaptação e especiação. Evidências da evolução biológica. Evolução humana.....	87
Sistemática e Diversidade dos Seres Vivos. Taxonomia, nomenclatura e sistemática filogenética. Características dos vírus. Diversidade da vida e principais características dos representantes de cada grupo animal.....	88
Anatomia e Fisiologia Humana. Histologia e organização do corpo humano. Características anatômicas e fisiológicas do homem: morfologia e fisiologia dos sistemas biológicos (digestório, respiratório, cardiovascular, urinário, nervoso, endócrino, imunológico, reprodutor e locomotor).....	108
Botânica e Fisiologia Vegetal. Morfologia, anatomia e tecidos vegetais. Classificação e reprodução das plantas. Nutrição e transporte vegetal. Hormônios, crescimento e desenvolvimento vegetal	134
Ecologia, Conservação da Biodiversidade e Sustentabilidade Ecossistemas, habitat, nicho ecológico e fatores ambientais. Fluxo de energia, cadeias alimentares e ciclos biogeoquímicos. Relações ecológicas e dinâmica de populações. Comunidades biológicas e sucessão ecológica. Biodiversidade e conservação biológica. Impactos ambientais e educação ambiental	142

Biologia e Saúde. Programa Saúde na Escola (PSE) e Saúde Única (One Health). Principais doenças causadas por vírus, bactérias e fungos. Parasitoses humanas. Imunologia, vacinação e prevenção de doenças. Gravidez e Métodos anticoncepcionais	158
Biomass Brasileiros e Questões Socioambientais do Ceará. Biomass brasileiros e biodiversidade nacional. Caatinga e biodiversidade do Ceará. Recursos hídricos, semiárido e desertificação. Mudanças climáticas globais, aquecimento global, poluição ambiental e degradação dos ecossistemas Relações entre ambiente, sociedade, ciência e tecnologia para desenvolvimento sustentável e justiça socioambiental.....	174
Abordagens metodológicas e recursos didáticos no Ensino de Biologia (utilizados em sala de aula e laboratório, incluindo conhecimentos básicos de técnicas, materiais e normas de segurança laboratoriais)..	181
Alfabetização científica, letramento científico e Natureza da Ciência.....	187
Curriculo, Avaliação, Tecnologias educacionais e Inclusão no Ensino de Biologia.....	195
Competências e habilidades propostas para o componente curricular, com base na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e no Documento Curricular Referencial do Ceará (DCRC).	206



- **ORIGEM DA VIDA E ORGANIZAÇÃO DOS SERES VIVOS. ORIGEM DA VIDA E TEORIAS EVOLUTIVAS SOBRE O SURGIMENTO DOS SERES VIVOS. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SERES VIVOS. NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA. MÉTODO CIENTÍFICO E PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO.**

EVOLUÇÃO

Uma ideia bastante antiga, do tempo de Aristóteles, é a de que os seres vivos podem surgir por **geração espontânea (abiogênese)**. Apesar de conhecer a importância da reprodução, admitia-se que certos organismos vivos pudessem surgir espontaneamente da matéria bruta. Observações do cotidiano mostravam, por exemplo, que larvas de moscas apareciam no meio do lixo e poças de lama podiam exibir pequenos animais. A conclusão a que se chegava era a de que o lixo e a lama haviam gerado diretamente os organismos.

Entretanto, reconhecia-se que nem toda matéria bruta podia gerar vida. Assim, de um pedaço de ferro ou pedra não surgia vida; mais de um pedaço de carne, uma porção de lama ou uma poça d'água eram capazes de gerar vida. Explicava-se esta capacidade de gerar ou não vida entre os distintos materiais brutos alegando-se a necessidade de um "**princípio ativo**" que não esteja presente em qualquer matéria bruta. O princípio ativo não era considerado algo concreto, mas uma capacidade ou potencialidade de gerar vida.

Aos ideias a respeito da geração espontânea perduraram por muito tempo, apesar da sua forma original ter evoluído aos poucos; ainda nos meados do século passado, havia numerosos partidários dessa teoria, definitivamente destruída pelos trabalhos de Pasteur.

Vamos descrever a partir de agora, alguns marcos na evolução das ideias sobre geração espontânea.

Redi, Needham e Spallanzani

Em meados do século XVII, Francesco Redi realizou uma experiência que representou a primeira tentativa experimental com finalidade de derrubar geração espontânea. Redi coloca pedaços de carne em dois grupos de frascos; um dos grupos permanece aberto, enquanto o outro é recoberto por um pedaço de gaze. Sobre a carne dos frascos abertos, após alguns dias, surgem larvas de moscas; nos frascos cobertos não aparecem larvas. Redi concluiu que a carne não gera as larvas; moscas adultas devem ter sido atraídas pelo cheiro de material em decomposição e desovaram sobre a carne. As larvas nasceram, portanto, dos ovos postos pelas moscas. Essa ideia é ainda reforçada pela observação dos frascos cobertos: sobre a gaze, do lado externo do frasco, algumas larvas apareceram. A ideia de que os seres vivos se originam sempre de seres vivos chamamos **biogênese**.



Apesar da repercussão das experiências de Redi, a ideia de geração espontânea ainda não havia sido derrubada. Ironicamente, foram o uso crescente do microscópio e a descoberta dos micro-organismos os fatores que reforçaram a teoria da abiogênese: tais seres pequeninos, argumentava-se, eram tão simples, que não era concebível terem a capacidade de reprodução; como conclusão óbvia, só podiam ser formados por geração espontânea.

Em 1745, um estudioso chamado John Needham realizou experimento cujos resultados pareciam comprovar as ideias da abiogênese. Nestes, vários caldos nutritivos, como sucos de frutas e extrato de galinha, foram colocados em tubos de ensaio, aquecidos durante um certo tempo e em seguida lacrados. A intenção de Needham, ao aquecer o caldo foi a de provocar a morte de organismos possivelmente existentes nestes; o fechamento dos frascos destinava-se a impedir a contaminação por micróbios externos. Apesar disso, os tubos de ensaio, passados alguns dias, estavam turvos e cheios de micro-organismos, o que parecia demonstrar a verdade da geração espontânea.

Cerca de 25 anos depois, o italiano Lazaro Spallanzani repetiu as experiências de Needham. A diferença no seu procedimento foi a de ferver os líquidos durante uma hora, não se limitando a aquecê-los; em seguida os tubos foram fechados hermeticamente. Líquidos assim tratados mantiveram-se estéreis, isto é, sem vida, indefinidamente. Desta forma, Spallanzani demonstrava que os resultados de Needham não comprovavam a geração espontânea: pelo fato de aquecer por pouco tempo, Needham não havia destruído todos os micróbios existentes, dando-lhes a oportunidade de proliferar novamente.

Needham, porém, responde às críticas de Spallanzani com argumentos aparentemente muito fortes:

“...Spallanzani... selou hermeticamente dezenove frascos que continham diversas substâncias vegetais e ferveu-os, fechados, por uma hora. Mas, pelo método de tratamento pelo qual ele torturou suas dezenove infusões vegetais, fica claro que enfraqueceu muito ou até destruiu a força vegetativa das substâncias em infusão...”

O aquecimento excessivo, segundo Needham, havia destruído o princípio ativo; sem princípio ativo, nada de geração espontânea! É interessante notar que o próprio Spallanzani não soube refutar esses argumentos, ficando as ideias da abiogênese consolidadas.

As experiências de Pasteur

Por volta de 1860, O cientista francês Louis Pasteur conseguiu derrubar definitivamente as ideias sobre geração espontânea da vida. Seus experimentos foram bem semelhantes aos de Spallanzani, porém com alguns aperfeiçoamentos. Vejamos como Pasteur descreve suas experiências.

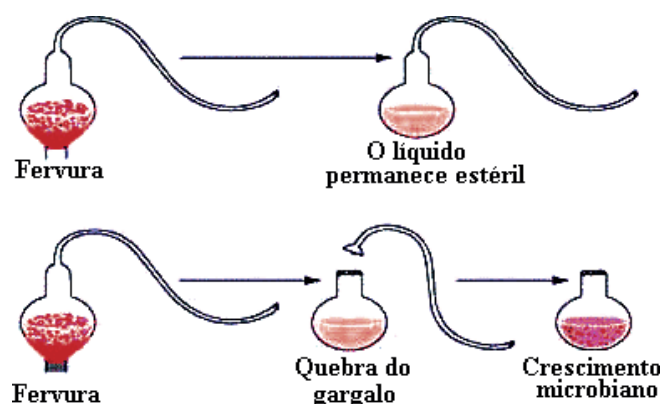
“Coloquei em frascos de vidro os seguintes líquidos, todos facilmente alteráveis, em contato com o ar comum: suspensão de lêvedo de cerveja em água, suspensão de lêvedo de cerveja em água e açúcar, urina, suco de beterraba, água de pimenta. Aqueci e puxei o gargalo do frasco de maneira a dar-lhe curvatura; deixei o líquido ferver durante vários minutos até que os vapores saíssem livremente pela estreita abertura superior do gargalo, sem tomar nenhuma outra precaução. Em seguida, deixei o frasco esfriar. É uma coisa notável, capaz de assombrar qualquer pessoa acostumada com a delicadeza das experiências relacionadas à assim chamada geração espontânea, o fato de o líquido em tal frasco permanecer imutável indefinidamente... Parecia que o ar comum, entrando com força durante os primeiros momentos (do resfriamento), deveria penetrar no frasco num estado de

completa impureza. Isto é verdade, mas ele encontra um líquido numa temperatura ainda próxima do ponto de ebulição.

A entrada do ar ocorre, então, mais vagarosamente e, quando o líquido se resfriou suficientemente, a ponto de não mais ser capaz de tirar a vitalidade dos germes, a entrada do ar será suficientemente lenta, de maneira a deixar nas curvas úmidas do pescoço toda a poeira (e germes) capaz de agir nas infusões...

Depois de um ou vários meses no incubador, o pescoço do frasco foi removido por golpe dado de tal modo que nada, a não ser as ferramentas, o tocasse, e depois de 24, 36 ou 48 horas, bolores se tornavam visíveis, exatamente como no frasco aberto ou como se o frasco tivesse sido inoculado com poeira do ar.”

Com esta experiência engenhosa, Pasteur também demonstrava que o líquido não havia perdido pela fervura suas propriedades de abrigar vida, como argumentaram alguns de seus opositores. Além disso, não se podia alegar a ausência do ar, uma vez que este entrava e saía livremente (apenas estava sendo filtrado).



A Evolução das Substâncias Químicas

Três teorias sobre a origem da vida

Há três posições “filosóficas” em relação à origem da vida. A primeira relaciona-se aos mitos da “criação”, ideia **criacionista**, que afirmam que a vida foi criada por uma força suprema ou ser superior; essa hipótese, evidentemente, foge ao campo de ação do raciocínio científico, não podendo ser testada e nem refutada pelos métodos usados pela ciência.

Uma segunda posição, a **panspermia**, se refere à possibilidade de a vida ter se originado fora do planeta Terra e ter sido “semeada” por pedaços de rochas, como meteoritos, que teriam trazido “esporos” ou outras formas de vida alienígena. Esses teriam evoluído nas condições favoráveis da Terra, até originar a diversidade de seres vivos que conhecemos.

Um dado interessante: chegam todos os anos, à superfície da Terra, ao redor de mil toneladas de meteoritos. Em algumas dessas rochas, foram encontradas substâncias orgânicas, como aminoácidos e bases nitrogenadas. Ficou bastante claro, a partir da década de 70, que a matéria orgânica é muito mais frequente no universo do que se acreditava antigamente. Um eminente astrônomo inglês, sir Fred Hoyle, defende a ideia de que material biológico, como vírus, poderia ter chegado do espaço; Hoyle chega a aceitar que isso aconteceria ainda hoje e que de alguma forma esse material “genético” novo poderia ser incorporado aos organismos existentes, modificando assim sua evolução!

De qualquer forma, essas ideias não são seriamente consideradas pela maioria dos cientistas; para começo de conversa, o aquecimento de qualquer corpo que entrasse na atmosfera

terrestre seria de tal ordem, que destruiria qualquer forma de vida semelhante às que conhecemos hoje. Por outro lado, aceitar que a vida apareceu “fora” da Terra somente “empurraria” o problema para diante, já que não esclareceria como a vida teria surgido fora daqui.

A terceira posição, a mais em voga hoje, aceita que a vida pode ter surgido espontaneamente sobre o planeta Terra, através da **evolução química** de substâncias não vivas. Não é fácil ou seguro verificar eventos que ocorreram há bilhões de anos, quando nosso planeta era muito diferente do que é hoje; no entanto, os cientistas conseguiram reproduzir algumas das condições originais em laboratório e descobriram muitas evidências geológicas, químicas e biológicas que reforçam essa hipótese. Essa terceira posição foi defendida pela primeira vez pelo cientista russo Oparin, em 1936, como veremos nos itens a seguir.

Algumas pistas sobre o problema

Nos últimos 120 anos, várias ideias sobre a origem da Terra, sua idade, as condições primitivas da atmosfera foram surgindo. Em particular, verificou-se que os mesmos elementos que predominam nos organismos vivos (carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio) também existem fora deles; nos organismos vivos estes elementos estão combinados de maneira a formar moléculas complexas, como proteínas, polissacarídeos, lipídios e ácidos nucleicos. A diferença básica, então, entre matéria viva e matéria bruta estaria sobretudo ao nível da organização desses elementos. O químico Wöhler, em 1828, já havia fornecido a seguinte pista: substâncias “orgânicas” ou complexas, como a ureia, podem ser formadas em condições de laboratório a partir de substâncias simples, “inorgânicas”. Se as condições adequadas surgiram da Terra, no passado, então a vida poderia ter aparecido do inorgânico.

Uma simples análise das características que os seres vivos exibem hoje mostra, independentemente de sua forma ou tamanho, a presença dos mesmos “tijolos” básicos em todos eles: açúcares simples, os 20 tipos de aminoácidos, os 4 nucleotídeos de DNA e os 4 de RNA, e os lipídios. Ora, depois da pista dada por Wöhler, a que nos referimos, os químicos descobriram que esses compostos podem ser feitos em laboratório, se houver uma fonte de carbono, de nitrogênio, e uma certa quantidade de energia disponível. Assim sendo, se as condições adequadas tivessem estado presentes, no passado da Terra, essas substâncias poderiam ter se formado sem grandes dificuldades.

Várias dessas ideias foram organizadas e apresentadas de forma clara e coerente pelo bioquímico russo Aleksandr I. Oparin, em 1936, no seu livro “A origem da vida”.

As ideias de Oparin

Aleksandr Oparin (1894-1980) foi um bioquímico russo que retomou e aprofundou os estudos sobre a origem da vida, por volta de 1920, segundo a Teoria da evolução química, juntamente com o biólogo inglês John Burdon S. Haldane (1892-1964). Essa teoria foi proposta inicialmente por Thomas Huxley (1825-1895).

Nessa teoria, a vida teve origem a partir da evolução de compostos químicos inorgânicos, que se combinaram formando diversos tipos de moléculas orgânicas simples, como aminoácidos, carboidratos, bases nitrogenadas, etc., que por sua vez se combinaram formando moléculas mais complexas como lipídios, ácidos nucleicos, proteínas, que se agruparam formando estruturas complexas, dando origem aos seres vivos.

Segundo Oparin, a Terra tem cerca de 4,5 bilhões de anos e no início sua temperatura era muito elevada. O resfriamento e a solidificação da crosta ocorreram mais tarde, por volta de 2,5

bilhões de anos. As temperaturas do planeta iam diminuindo gradativamente, e com isso, a água que evaporava se condensava na atmosfera e caía novamente, sob a forma de chuva, que evaporavam novamente, pois as temperaturas ainda eram muito elevadas. Nessa época aconteceram tempestades torrenciais todos os dias, durante milhões de anos.

Alguns cientistas acreditam que cerca de 1018 toneladas de matéria foram agregadas ao planeta Terra através de colisões com asteroides. Essas colisões provocavam um aumento na temperatura.

A atmosfera primitiva era composta por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, que se ligaram formando os compostos amônia (NH_3), metano (CH_4), hidrogênio (H_2) e vapor de água (H_2O). Nessa época ainda não havia gás oxigênio (O_2), nem nitrogênio (N_2).

Com o ciclo de chuvas e tempestades havia muitas descargas elétricas. Essas descargas atuavam sobre as moléculas, promovendo ligações químicas e formando moléculas mais complexas, como os aminoácidos.

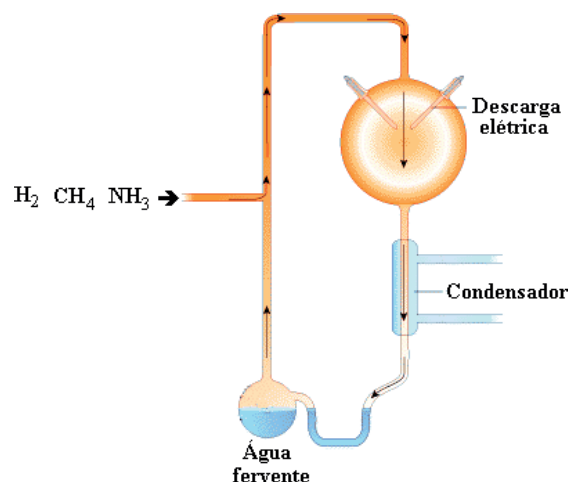
Com o resfriamento da Terra, começou a formação de áreas alagadas e exposição das rochas. Essas imensas áreas alagadas deram origem aos oceanos. A água da chuva arrastava os compostos para as rochas. O calor das rochas promoveu ligações químicas entre as moléculas presentes, originando proteinóides, cadeias de aminoácidos, etc.

Essas moléculas, conforme a temperatura da terra ia diminuindo, iam se tornando mais complexas e fazendo cada vez mais ligações, transformando a água dos oceanos em grandes sopas orgânicas. As proteínas formadas foram se aglomerando, até formar os coacervados.

Em algum momento dessa evolução, os coacervados evoluíram e adquiriram a capacidade de se alimentar e reproduzir, dando origem a um ser vivo primitivo muito simples.

A comprovação experimental

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



Num certo lugar do aparelho, a mistura era submetida a descargas elétricas constantes, simulando os “raios” das tempestades que se acredita terem existido na época. Um pouco

adiante, a mistura era esfriada e, ocorrendo condensação, tornava-se novamente líquida. Ao fim da semana, a água do reservatório, analisada pelo método da cromatografia, mostrou a presença de muitas moléculas orgânicas, entre as quais alguns aminoácidos.

Miller, com esta experiência, não provava que aminoácidos realmente se formaram na atmosfera primitiva; apenas demonstrava que, caso as condições de Oparin tivessem se verificado, a síntese de aminoácidos teria sido perfeitamente possível.

Fox, em 1957, realiza a seguinte experiência: aquece uma mistura seca de aminoácidos e verifica que entre muitos deles acontecem ligações peptídicas, formando-se moléculas semelhantes a proteínas (lembre-se de que na ligação peptídica ocorre perda de água ou desidratação). Os resultados de Fox reforçam a seguinte ideia: se, de fato, aminoácidos caíram sobre as rochas quentes, trazidos pela água da chuva, eles poderiam ter sofrido combinações formando moléculas maiores, os proteinóides, que acabariam sendo carregadas aos mares em formação. Percebe-se que Fox tenta testar parte das ideias de Oparin, e seu ponto de partida foi, sem dúvida, a experiência de Miller.

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

É evidente, porém, que a última etapa da hipótese de Oparin nunca poderá ser testada em laboratório; em outros termos, para conseguirmos que um entre trilhões de coacervados se transformasse, por acaso, em um ser vivo muito simples, teríamos de dispor de um laboratório tão grande quanto os mares primitivos, que contivesse, portanto, um número infinitamente grande de coacervados; além disso, teríamos de dispor de um tempo infinitamente grande, que possibilitasse inúmeras colisões e reações químicas que foram necessárias para se obter pelo menos um sucesso.

Será que, devido à impossibilidade de teste experimental, devemos repelir “a priori” esta fase? Podemos pelo menos pensar nela em termos estatísticos. Vamos dar a palavra a um célebre biólogo, George Wald, que examinou minuciosamente o assunto.

Ideias recentes sobre a origem da vida

Acredita-se hoje que, provavelmente, a composição da atmosfera primitiva foi diferente do que acreditava Oparin; ela teria contido CO , CO_2 , H_2 , N_2 e vapor de água (não haveria, portanto, metano nem amônia; as fontes de carbono seriam o CO e o CO_2 , enquanto a de nitrogênio seria o N_2). Vapor de água e de gás carbônico teriam sido produzidos pela intensa atividade vulcânica. Mesmo assim, isso não invalida experimentos do tipo “Miller”. Na realidade, foram feitas desde então muitas variantes dessa experiência, modificando-se os gases utilizados e colocando-se algumas substâncias minerais; os cientistas chegaram a obter mais de 100 tipos de “tijolos” orgânicos simples, incluindo nucleotídeos e ATP.

O poder da argila

Algumas teorias recentes dão conta de que os longos polímeros, como proteinóides e fitas de ácidos nucleicos, podem ter se formado, como alternativa às rochas quentes da crosta, em “moldes” de argila. De fato, para ocorrer polimerização, deve haver uma alta concentração das unidades constituintes; na argila, essa concentração pode ter sido alta. Além disso, a argila pode ter agido como “catalisadora” e promovido o aparecimento de ligações simples, como as peptídicas, com perda de água. Alguns biólogos acreditam ainda que a argila foi o meio em que se formaram moléculas RNA, a partir de nucleotídeos simples. A energia

para essa polimerização poderia ter sido proveniente do calor da crosta; ou do calor do sol, ou ainda da radiação ultravioleta.

Coacervados ou microesferas?

Há mais de um modelo, além da ideia de coacervados, para explicar como moléculas grandes, tipo proteinóides, teriam se agregado na água, formando estruturas maiores. O pesquisador Fox, colocando proteinóides em água, obteve a formação de pequeninas esferas.

Bilhões de microesferas podem ser obtidas a partir da mistura de um grama de aminoácidos aquecidos, algumas delas formando cadeias, de forma muito semelhante a algumas bactérias atuais. Cada microesfera tem uma camada externa de moléculas de água e proteínas e um meio interno aquoso, que mostra algum movimento, semelhante à ciclose. Essas microesferas podem absorver e concentrar outras moléculas existentes na solução ao seu redor. Podem também se fundir entre si, formando estruturas maiores; em algumas condições, aparecem na superfície “brotos” minúsculos que podem se destacar e crescer.

Como apareceu o gene?

Uma coisa que é importante entender: na hipótese original de Oparin, não há referência aos ácidos nucleicos; não se sabia na época que eles constituem os genes. Muita gente então acreditava que os genes fossem de natureza proteica; afinal, havia sido demonstrada a enorme importância das proteínas como enzimas, material construtor e anticorpos. Dá para entender, por isso, a ênfase que Oparin dá ao aparecimento da proteína. No entanto a hipótese original foi readaptada quando ficou patente a identidade entre genes e ácidos nucleicos.

Acredita-se hoje que a primeira molécula informacional tenha sido o RNA, e não o DNA. Foi feita a interessantíssima descoberta de que certos “pedaços” de RNA têm uma atividade catalítica: eles permitem a produção, a partir de um molde de RNA e de nucleotídeos, de outras fitas de RNA idênticas ao molde! A esses pedaços de RNA com atividade “enzimática”, os biólogos chamam de ribozimas. Isso permite explicar o eventual surgimento e duplicação dos ácidos nucleicos, mesmo na ausência das sofisticadas polimerases que atuam hoje.

O DNA deve ter sido um estágio mais avançado na confecção de um material genético estável; evidentemente, os primeiros DNA teriam sido feitos a partir de um molde de RNA original. Isso lembra bastante, você vai concordar, o modo de atuação do retrovírus, como o da AIDS!

De qualquer forma, esses “genes nus”, isto é, envolvidos por nada, mas livres na argila ou na água, podem ter num período posterior “fixado residência” numa estrutura maior, como um coacervado ou uma microesfera...

Um dos problemas ainda mais perturbadores nessa história toda, relaciona-se ao surgimento do CÓDIGO GENÉTICO. Em outras palavras, o aparecimento de proteínas ou de moléculas de ácidos nucleicos com a capacidade de duplicação, nas condições postuladas, pode ser imaginado sem muita dificuldade, mas permanece extremamente misterioso o método pelo qual as moléculas de ácidos nucleicos teriam tomado conta do controle da produção de proteínas específicas, que tivessem um valor biológico e de sobrevivência. Quem sabe o tempo se encarregará de nos fornecer novas evidências...

Os primeiros organismos: autótrofos ou heterótrofos?

Para entender claramente esta discussão, é útil recordar as equações de três processos biológicos básicos, fermentação, respiração e fotossíntese, que reproduzimos a seguir.

Existem duas hipóteses sobre a origem da vida: a **hipótese autotrófica**, que propõe que o primeiro ser vivo foi capaz de sintetizar seu próprio alimento orgânico, possivelmente por fotossíntese, e a **hipótese heterotrófica**, que prevê que os primeiros organismos se nutriam de material orgânico já pronto, que retiravam de seu meio. A maioria dos biólogos atuais acha a hipótese autotrófica pouco aceitável devido a um fato simples: para a realização da fotossíntese, uma célula deve dispor de um equipamento bioquímico mais sofisticado do que o equipamento de um heterótrofo. Como admitir que o primeiro ser vivo, produzido através de reações químicas casuais, já possuísse esse grau de sofisticação? É claro que o primeiro ser vivo poderia ter surgido complexo; porém é muito menos provável que isso tenha acontecido.

Por outro lado, se o primeiro organismo era heterótrofo, o que ele comeria? Hoje os heterótrofos dependem, para sua nutrição, direta ou indiretamente, dos autótrofos autossintetizantes. No entanto não se esqueça de que, de acordo com a hipótese de Oparin, o primeiro organismo surgiu num mar repleto de coacervados orgânicos, que não haviam chegado ao nível de complexidade adequada. Esses coacervados representam então uma fonte abundante de alimento para nosso primeiro organismo, que passaria a comer seus “irmãos” menos bem sucedidos.

Admitamos um primeiro organismo heterótrofo, para o qual alimento não era problema. Pode-se obter energia do alimento através de dois processos: a respiração que depende de O_2 molecular, inexistente na época, e a fermentação, processo mais simples, cuja realização dispensa a presença de oxigênio.

Estabeleçamos, a título de hipótese mais provável, que **o primeiro organismo deva ter sido um heterótrofo fermentador**. A abundância inicial de alimento permite que os primeiros organismos se reproduzam com rapidez; não se esqueça também de que todos os mecanismos da evolução biológica, como a mutação e seleção natural, estão atuando, adaptando os organismos e permitindo o aparecimento de características divergentes.

Surge a fotossíntese

A velocidade de consumo do alimento, no entanto, cresce continuamente, já que o número de organismos aumenta; a reposição desse alimento orgânico através das reações químicas que descrevemos é obviamente muito mais lenta que o seu consumo. Perceba que, se não surgissem por evolução os autótrofos, a vida poderia ter chegado num beco sem saída por falta de alimento.

Em algum momento anterior ao esgotamento total do alimento nos mares, devem ter aparecido os primeiros organismos capazes de realizar fotossíntese; possivelmente usaram como matéria prima o CO_2 residual dos processos de fermentação. Sua capacidade de produzir alimento fechava o ciclo produtor/consumidor e permitia o prosseguimento da vida.

Surge a respiração

Um resíduo do processo fotossintético é o oxigênio molecular; por evolução devem ter surgido mais tarde os organismos capazes de respirar aerobiamente, que utilizaram o O_2 acumulado durante milhões de anos pelos primeiros autótrofos.

Fermentação (alcoólica): $\text{glicose} \rightarrow \text{álcool etílico} + CO_2 + \text{energia}$

Respiração: $\text{glicose} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{energia}$

Fotossíntese: $CO_2 + H_2O + \text{luz} \rightarrow (\text{clorofila}) \rightarrow \text{glicose} + O_2$

A respiração, não se esqueça, permite extrair do alimento maior quantidade de energia do que a fermentação. Seguramente o modo de vida “respirador” representa, na maioria dos casos, uma grande vantagem sobre o método “fermentador”; não devemos estranhar que a maioria dos organismos atuais respire, apesar de ter conservado a capacidade de fermentar.

Lembre-se, ainda, de que a presença de oxigênio molecular na atmosfera acaba permitindo o aparecimento na atmosfera da camada de ozônio, que permite a filtração de grande parte da radiação ultravioleta emitida pelo sol. Essa radiação é fortemente mutagênica; porém os organismos aquáticos estariam parcialmente protegidos, já que a água funciona como um filtro para ela. De qualquer maneira, o aparecimento do ozônio prepara o terreno para uma futura conquista do ambiente seco, caso alguns organismo um dia se aventurem a fazer experiência.

Aparece a membrana celular

É muito provável que os primeiros organismos tenham sido mais complexos do que os vírus atuais, porém mais simples do que as células mais simples que se conhecem.

Um citologista chamado Robertson acredita que, por evolução, os organismos iniciais devam ter “experimentado” vários tipos de membranas. A vantagem de uma membrana envolvente é clara: ela fornece proteção contra choques mecânicos e, portanto, maior estabilidade à estrutura; porém ela representa uma barreira entre o organismo e o alimento a seu redor, o que é uma desvantagem.

Assim, a membrana ideal deveria ser resistente, com um certo grau de elasticidade, sem deixar de ser suficientemente permeável. Num certo estágio da evolução dos seres vivos, apareceu a membrana lipoproteica, que reúne todos esses atributos e certamente foi um sucesso total, já que todos os seres vivos atuais de estrutura celular a possuem.

Nesse estágio, pode-se falar em organismos procariontes, muito semelhantes às mais simples bactérias atuais.

Procariontes originam eucariontes

Uma membrana traz, entretanto, alguns problemas adicionais: ela se constitui, de certa forma, num obstáculo para o crescimento da estrutura viva. Vamos explicar: à medida que a célula cresce, seu volume aumenta, assim como a superfície de sua membrana; porém a superfície cresce MENOS proporcionalmente, do que o volume. Desse modo, a célula MAIOR se alimenta PIOR. A única forma de restabelecer a relação favorável entre superfície e volume é a divisão da célula, que, assim, nunca pode passar de um certo tamanho.

Portanto o volume dos primeiros organismos é limitado, já que a partir de um certo tamanho tem de acontecer divisão celular. Robertson propõe que, por evolução biológica, alguns organismos devem ter adquirido a capacidade genética de dobrar sua membrana para fora (evaginação). Dessa forma, sem mudanças apreciáveis de volume, aumentaria a superfície em contado como meio. Perceba que na proposta de Robertson fica implícita a ideia de que todos os orgânulos celulares membranosos tiveram a mesma origem; membranas nucleares, do retículo, do Golgi e plasmática nada mais seriam do que dobramentos de uma primitiva membrana.

Na célula atual, de fato, verificam-se dois fatos que apoiam fortemente as ideias de Robertson:

Há comunicação entre todas as membranas celulares, que se apresentam formando um sistema membranoso único.

Todas as membranas celulares têm a mesma composição e são lipoproteicas.

Assim teriam aparecido, muito provavelmente, as primeiras células eucarióticas, que, em alguns casos, levaram vantagem quando competiam com os procariontes. Apesar disso, os procariontes continuaram existindo: são, como sabemos, as inúmeras espécies de bactérias e as cianofíceas atuais.

A origem de algumas organelas celulares

Uma teoria muito em voga atualmente a respeito da origem das organelas celulares é a endossimbiose. Trata-se da seguinte ideia: alguns organismos procariontes teriam sido “engolidos” por células maiores de eucariontes, ficando no interior da célula, mas com capacidade de reprodução independente e realizando determinadas funções. Acredita-se que mitocôndrias e cloroplastos possam ter se originado dessa forma. As mitocôndrias podem ter sido um dia bactérias independentes; os cloroplastos, talvez cianofíceas ou bactérias fotossintetizantes.

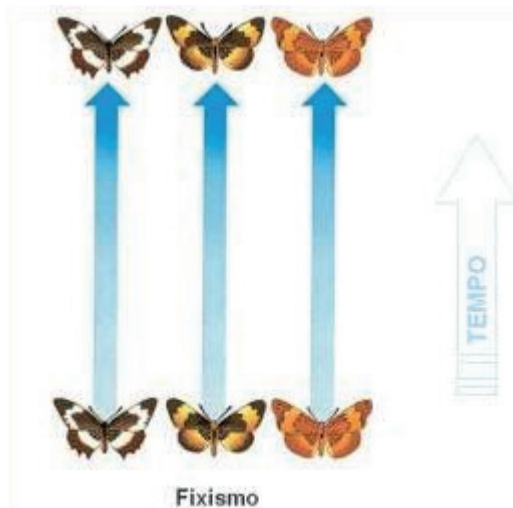
Os argumentos a favor dessa ideia são muito fortes: cloroplastos e mitocôndrias possuem material genético próprio, semelhante ao DNA de bactéria. Esse DNA tem capacidade de duplicação, de transcrição; ribossomos existentes no interior desses orgânulos produzem também proteínas próprias. Por fim, ambos os orgânulos têm a capacidade de se reproduzir no interior da célula “hospedeira”.

Uma “troca de favores” poderia ter se estabelecido entre a célula maior e a menor. No caso da mitocôndria, que teria obtido proteção e alimento, sua presença teria permitido que a célula maior aprendesse a RESPIRAR oxigênio, com todas as vantagens inerentes. A simbiose com um procarionte fotossintetizante faria que os eucariontes hospedeiros tivessem síntese de alimento “em domicílio”, obviamente um processo muito vantajoso.

A Evolução Biológica

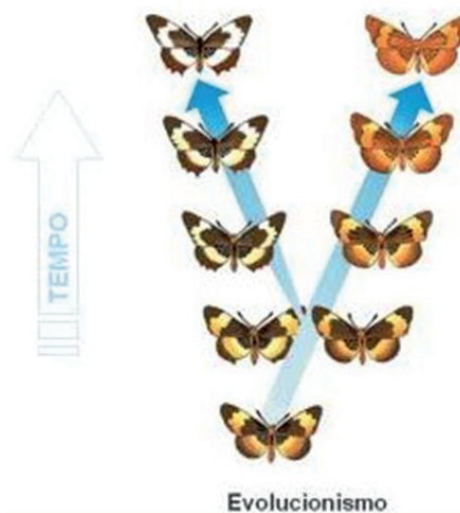
Atualmente os seres vivos estão adaptados ao meio em que vivem, isto é, entre os seres vivos e o ambiente há um ajuste com papel fundamental para a sua sobrevivência. O flamingo rosa se alimenta de cabeça para baixo, adaptando-se à procura de alimento no lodo em que vive; os cactos suportam o meio desértico seco graças às adaptações nele existentes; os beija-flores, com seus longos bicos, estão adaptados à coleta do néctar contido nas flores tubulosas que visitam. Esses e numerosos outros exemplos são reveladores da perfeita sintonia que existe entre os seres e os seus ambientes de vida.

Antigamente, a ideia de que as espécies seriam fixas e imutáveis foi defendida pelos filósofos gregos chamados de **fixistas**. Estes propunham que as espécies vivas já existiam desde a origem do planeta e a extinção de muitas delas deveu-se a eventos especiais como, por exemplo, catástrofes, que teriam exterminado grupos inteiros de seres vivos. O filósofo grego Aristóteles, grande estudioso da natureza, não admitia a ocorrência de transformação das espécies, pois acreditava que os organismos eram distribuídos segundo uma escala de complexidade, em que cada ser vivo tinha seu lugar definido.



Visão aristotélica de que as espécies eram fixas e imutáveis

Entretanto, partir do século XIX, uma série de pensadores passou a admitir a ideia da substituição gradual de espécies por outras através de adaptações a ambientes em contínuo processo de mudança. Essa corrente de pensamento, **transformista**, explicava a adaptação como um processo dinâmico, ao contrário do que propunham os fixistas. Para o transformismo, a adaptação das espécies é alcançada a medida que muda o meio. Nessa concepção, os seres mais adaptados ao ambiente em mudança sobrevivem, já os menos adaptados são eliminados. Essa ideia deu origem ao **evolucionismo**.



Evolução biológica é a adaptação das espécies a meios continuamente em mudança. Entretanto, essa mudança das espécies nem sempre implica aperfeiçoamento ou melhora, podendo acarretar, em alguns casos a uma simplificação. É o caso das tênias, vermes achatados parasitas: embora nelas não exista tubo digestivo, estão perfeitamente adaptadas ao parasitismo no tubo digestivo do homem e de muitos outros vertebrados.

Adaptação: a espécie em mudança

Dentre os exemplos que ilustram a adaptação das espécies às mudanças do meio, três se destacam por seu caráter clássico:

- a) a resistência de bactérias aos antibióticos;
- b) a coloração protetora das mariposas da espécie *Biston betularia*.

a) A resistência de bactérias aos antibióticos

O problema da resistência bacteriana a antibióticos caracteriza um caso de adaptação de um grupo de organismos frente a mudanças ambientais. À medida que antibióticos são inadequadamente utilizados no combate a infecções causadas por bactérias, o que na realidade se está fazendo é uma seleção de indivíduos resistentes a determinado antibiótico. Sendo favorecidos, os indivíduos resistentes, pouco abundantes de início, proliferam, aumentando novamente a população de micro-organismos.

b) A coloração protetora das mariposas

Em meados do século passado, a população de certo tipo de mariposa nos arredores de Londres era constituída predominantemente por indivíduos de asas claras, embora entre elas se encontrassem algumas de asas escuras. A explicação para esse fato fica lógica se lembrarmos que nessa época os troncos das árvores eram recobertos por certo tipo de vegetais, os líquenes, que conferiam-lhes uma cor acinzentada. Na medida em que a industrialização provocou aumento de resíduos poluentes gasosos, os troncos das árvores passaram a ficar escurecidos, como consequência da morte dos líquenes e do excesso de fuligem. Nessa região, passou a haver predominância de mariposas de asas escuras, o que denota outro caso de adaptação de um grupo de indivíduos frente a uma mudança ambiental. Procure entender a semelhança existente entre esses dois exemplos de adaptação e o exemplo da resistência de insetos a inseticidas.

As evidências da evolução

Durante a fase polêmica da discussão evolucionista, muitos argumentos foram utilizados. Uma das evidências mais importantes da ocorrência de Evolução biológica é dada pelos fósseis, que podem ser conceituados como “restos ou vestígios de seres vivos de épocas remotas”. Por meio deles, verifica-se que havia organismos completamente diferentes dos atuais, argumento poderoso para os defensores do transformismo. Outras evidências evolutivas podem ser citadas: a semelhança embriológica e anatômica existente entre os componentes de alguns grupos animais, notadamente os vertebrados; a existência de estruturas vestigiais, como, por exemplo, o apêndice vermiforme humano, desprovido de função quando comparado aos apêndices funcionais de outros vertebrados. Modernamente, dá-se muito valor à semelhança bioquímica existente entre diferentes animais. É o caso de certas proteínas componentes do sangue do homem e dos macacos.

Lamarck x Darwin

A partir do século XIX, surgiram algumas tentativas de explicação para a Evolução biológica. Jean Baptiste Lamarck, francês, e Charles Darwin, inglês, foram os que mais coerentemente elaboraram teorias sobre o mecanismo evolutivo. Foi Darwin, no entanto, o autor do monumental trabalho científico que revolucionou a Biologia e que até hoje persiste como a Teoria da Seleção Natural das espécies.

A Teoria De Darwin

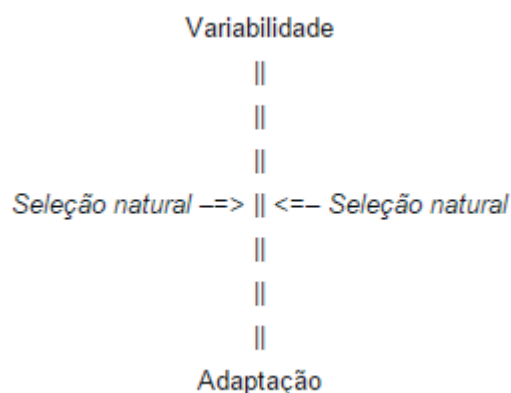
A partir da ideia de adaptação de populações a seus ambientes, fica fácil entender as propostas de Charles Darwin (1809-1882), inglês, autor da teoria da Seleção Natural. Imaginando-se dois

ratos, um cinzento e outro albino, é provável que em muitos tipos de ambientes o cinzento leve vantagem sobre o albino. Se isto realmente acontecer, é sinal de que o ambiente em questão favorece a sobrevivência de indivíduos cinzentos ao permitir que, por exemplo, eles fiquem camuflados entre as folhagens de uma mata. Os albinos, sendo mais visíveis, são mais atacados por predadores. Com o tempo, a população de ratos cinzentos, menos visada pelos atacantes, começa a aumentar, o que denota seu sucesso. É como se o ambiente tivesse escolhido, dentre os ratos, aqueles que dispunham de mais recursos para enfrentar os problemas oferecidos pelo meio. A esse processo de escolha, Darwin chamou Seleção Natural. Note que a escolha pressupõe a existência de uma variabilidade entre organismos da mesma espécie. Darwin reconhecia a existência dessa variabilidade. Sabia também que na natureza, a quantidade de indivíduos de certa espécie que nascem é maior que aquela que o ambiente pode suportar. Além disso, era conhecido o fato de que o número de indivíduos da população fica sempre em torno de uma certa quantidade ótima, estável, devido, principalmente, a altas taxas de mortalidade.

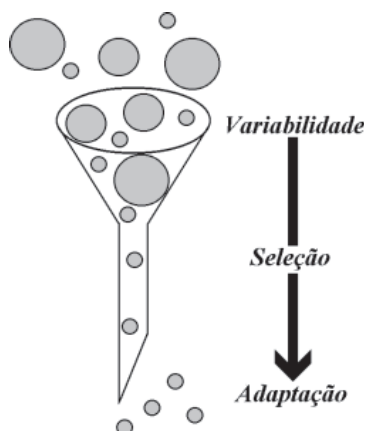
É óbvio que a mortalidade seria maior entre indivíduos menos adaptados a seu meio, pelo processo de escolha ou “seleção natural”. Perceba, então, que a ideia de Darwin parte do princípio importante de que existe variabilidade entre os indivíduos de uma mesma espécie e que essa variabilidade pode permitir que indivíduos se adaptem ao ambiente.

Assim, para Darwin, a adaptação é resultado de um processo de escolha dos que já possuem a adaptação. Essa escolha, efetuada pelo meio, é a Seleção Natural e pressupõe a existência prévia de uma diversidade específica. Então, muda o meio. Havendo o que escolher (variabilidade), a seleção natural entra em ação e promove a adaptação da espécie ao meio. Quem não se adapta, desaparece.

O Darwinismo, a conhecida teoria da “Evolução Biológica por adaptação das espécies aos meios em mudança através da Seleção Natural”, pode ser assim esquematizado:



É claro que, em ambientes diferentes, variações distintas serão valorizadas. Isso explica por que duas populações da mesma espécie podem se adaptar de maneiras bastante diversificadas em ambientes diferentes.



Neodarwinismo

O trabalho de Darwin despertou muita atenção, mas também suscitou críticas. A principal era relativa à origem da variabilidade existente entre os organismos de uma espécie. Darwin não teve recursos para entender por que os seres vivos apresentam diferenças individuais. Não chegou sequer a ter conhecimento dos trabalhos que um monge chamado Mendel realizava, cruzando plantas de ervilha. O problema só foi resolvido a partir do início do século XX, com o advento da ideia de gene. E só então ficou fácil entender que mutações e recombinação gênica são as duas importantes fontes de variabilidade entre as espécies. Assim, o darwinismo foi complementado, surgindo o que os evolucionistas modernos conhecem como Neodarwinismo ou Teoria Sintética da Evolução e que se apoia nas ideias básicas de Darwin.

Fica fácil entender, agora, o mecanismo da resistência bacteriana aos antibióticos usados para o seu combate. Partindo do princípio da existência prévia de variabilidade, uma população bacteriana deve ser formada por dois tipos de indivíduos: os sensíveis e os resistentes. O uso inadequado de um antibiótico deve eliminar as bactérias sensíveis, favorecendo as resistentes, que são selecionadas. As bactérias resistentes proliferam e promovem a adaptação da espécie ao ambiente modificado. Qualquer outro problema de adaptação das espécies a ambientes em modificação pode ser explicado utilizando-se o raciocínio neodarwinista.

A Ideia De Lamarck

Um dos primeiros adeptos do transformismo foi o biólogo francês Lamarck, que, como você verá, elaborou uma teoria da Evolução, embora totalmente desprovida de fundamento científico.

No mesmo ano em que nascia Darwin, Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) propunha uma ideia elaborada e lógica. Segundo ele, uma grande mudança no ambiente provocaria numa espécie a necessidade de se modificar, o que a levaria a mudanças de hábitos.

Se o vento e as águas podem esculpir uma rocha, modificando consideravelmente sua forma, será que os seres vivos não poderiam ser também moldados pelo ambiente? Teria o ambiente o poder de provocar modificações adaptativas nos seres vivos?

Lamarck acreditava que sim. Considerava, por exemplo, que mudanças das circunstâncias do ambiente de um animal provocariam modificações suas necessidades, fazendo que ele passasse a adotar novos hábitos de vida para satisfazê-las. Com isso o animal passaria a utilizar mais frequentemente certas partes do corpo, que cresceriam e se desenvolveriam, enquanto outras partes não seriam solicitadas, ficando mais reduzidas, até se atrofiarem. Assim, o ambiente seria o responsável direto pelas modificações nos seres vivos, que transmitiriam essas mudanças aos seus descendentes, produzindo um aperfeiçoamento da espécie ao longo das gerações.

Com base nessa premissa, postulou duas leis. A primeira, chamada Lei do Uso e Desuso, afirmava que, se para viver em determinado ambiente fosse necessário certo órgão, os seres vivos dessa espécie tenderiam a valorizá-lo cada vez mais, utilizando-o com maior frequência, o que o levaria a hipertrofiar. Ao contrário, o não uso de determinado órgão levaria à sua atrofia e desaparecimento completo ao longo de algum tempo.

A segunda lei, Lamarck chamou de Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos. Através dela postulou que qualquer aquisição benéfica durante a vida dos seres vivos seria transmitida aos descendentes, que passariam a tê-la, transmitindo-a, por sua vez, às gerações seguintes, até que ocorresse sua estabilização.

A partir dessas suas leis, Lamarck formulou sua teoria da evolução, apoiado apenas em alguns exemplos que observara na natureza. Por exemplo, as membranas existentes entre os dedos dos pés das aves nadadoras, ele as explicava como decorrentes da necessidade que elas tinham de nadar. Cornos e chifres teriam surgido como consequência das cabeçadas que os animais davam em suas brigas. A forma do corpo de uma planta de deserto seria explicada pela necessidade de economizar água.

Por que não podemos aceitar as teses de Lamarck?

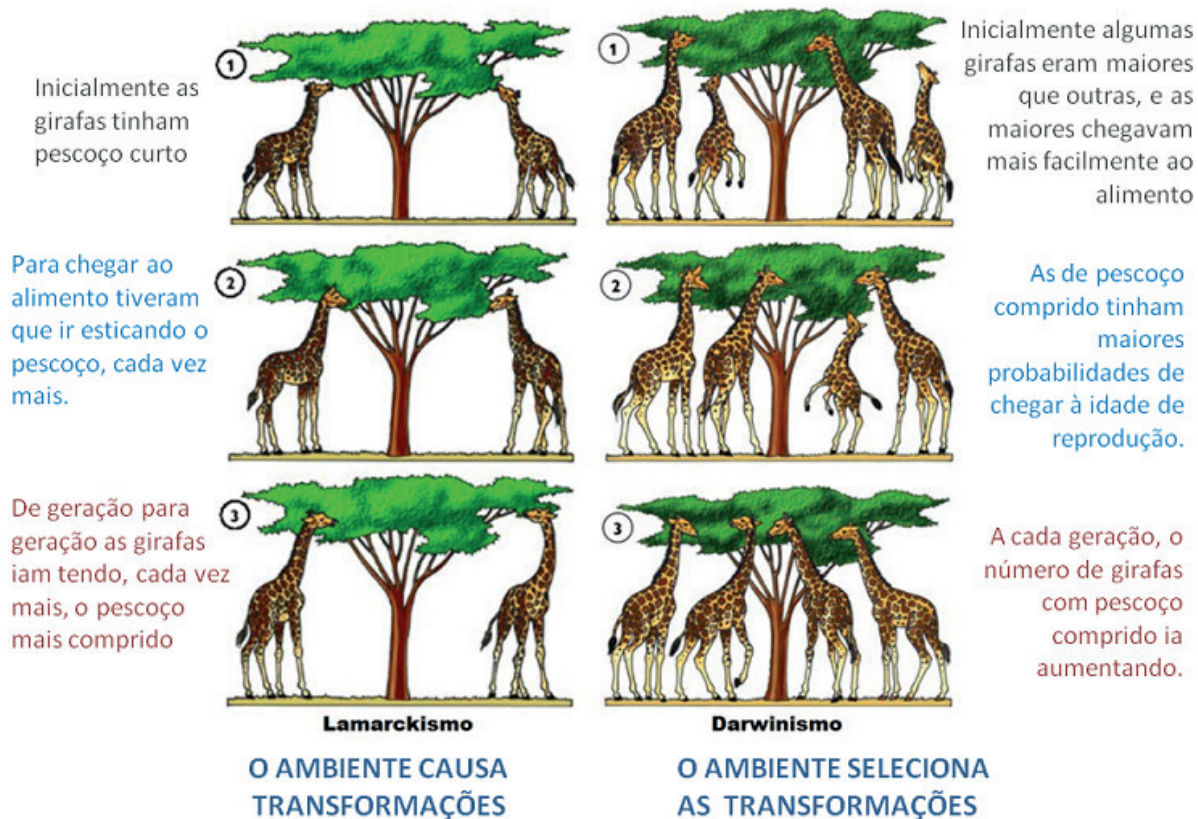
Na verdade não podemos simplesmente achar erradas as ideias de Lamarck sem dizer exatamente o porquê do erro. É preciso saber criticá-las com argumentos que evidenciam o erro nelas contido. Assim, pode-se dizer que a lei do uso e desuso só será válida se a alteração que ela propõe estiver relacionada a alterações em órgãos de natureza muscular e, ainda, alterações que não envolvam mudanças no material genético do indivíduo. A cauda de um macaco sul-americano não cresceu porque o animal manifestou o desejo de se prender aos galhos de uma árvore. Tal mudança deveria envolver antes uma alteração nos genes encarregados da confecção da cauda.

Com relação à lei da transmissão das características adquiridas, é preciso deixar bem claro que eventos que ocorrem durante a vida de um organismo, alterando alguma sua característica, não podem ser transmissíveis à geração seguinte. O que uma geração transmite à

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

outra são genes. E os genes transmissíveis já existem em um indivíduo desde o momento em que ele foi um zigoto. E, fatos que ocorram durante sua vida não influenciarão exatamente aqueles genes que ele deseja que sejam alterados.

Lamarck e Darwin frente a frente: o tamanho do pescoço das girafas:



A Especiação

Especiação é o nome dado ao processo de surgimento de novas espécies a partir de uma espécie ancestral. De modo geral, para que isso ocorra é imprescindível que grupos da espécie original se separem e deixem de se cruzar. Essa separação constitui o **isolamento geográfico** e pode ocorrer por migração de grupos de organismos para locais diferentes e distantes, ou pelo surgimento súbito de barreiras naturais intransponíveis, como rios, vales, montanhas, etc., que impeçam o encontro dos componentes da espécie original. O isolamento geográfico, então, é a separação física de organismos da mesma espécie por barreiras geográficas intransponíveis e que impedem o seu encontro e cruzamento.

A mudança de ambiente favorece a ação da seleção natural, o que pode levar a uma mudança inicial de composição dos grupos. A ocorrência de mutações casuais do material genético ao longo do tempo leva a um aumento da variabilidade e permite a continuidade da atuação da seleção natural. Se após certo tempo de isolamento geográfico os descendentes dos grupos originais voltarem a se encontrar, pode não haver mais a possibilidade de reprodução entre eles. Nesse caso, eles constituem novas espécies. Isso pode ser evidenciado através da observação de diferenças no comportamento reprodutor, da incompatibilidade na estrutura e tamanho dos órgãos reprodutores, da inexistência de descendentes ou, ainda, da esterilidade dos descendentes, no caso de eles existirem. Acontecendo alguma dessas possibilidades, as novas espécies assim formadas estarão em **isolamento reprodutivo**, confirmando, desse modo, o sucesso do processo de especiação.

Podemos dividir a especiação em três tipos, que serão explicados a seguir:

1. Especiação alopátrica;
2. Especiação simpátrica;
3. Especiação parapátrica.

1. Especiação alopátrica

A especiação alopátrica ocorre quando duas espécies são separadas por um isolamento geográfico. O isolamento pode ocorrer devido à grande distância ou uma barreira física, como um deserto, rio ou montanha. A especiação bem-sucedida é vista na figura abaixo. Os tentilhões observados por Darwin é um exemplo dessa especiação na qual ele observou que, nas ilhas Galápagos, eles se diferenciavam pelo tipo de bico. Além disso, seria uma forma de adaptação à dieta alimentar de cada uma das 14 espécies.