

VAMOS FALAR DE EVOLUÇÃO!!

Larissa Pedroso Reis
Débora E. Pedrotti Mansilla



Fonte: <http://hypescience.com/o-que-evolucao/> (2014)

Carta aos professores

Caros colegas, este guia foi desenvolvido pensando nas dificuldades que encontramos ao procurar referências e métodos para o ensino de evolução biológica.

Esta proposta vem ao encontro da relevância que tal temática exerce na biologia uma vez que articula inúmeras áreas e conteúdos da mesma, fornecendo um caminho explicativo para a diversidade e os modos de vida, assim como vem reconhecer a importância ética desta discussão no cotidiano e nas relações que os seres humanos estabelecem com o meio em que vivem. Por meio da fundamentação teórica procuramos dar suporte para que você possa trabalhar esta ideia de forma mais coerente com sua construção científica, não perdendo de vista a dimensão crítica da mesma.

O presente guia está organizado em três módulos: o primeiro trata da natureza do conhecimento científico a fim de aproximar a educação em ciências da atividade científica e levar à reflexão sobre a dinâmica do conhecimento produzido. O segundo traz considerações acerca da construção da ideia de evolução biológica dentro do contexto científico mostrando como a mesma foi moldada ao longo dos últimos séculos trazendo uma nova consciência sobre o meio e alterando a dinâmica da sociedade desde suas origens, no século XIX. Finalmente, o terceiro módulo propõe alternativas de se trabalhar a evolução biológica em ambientes educacionais.

Para utilização deste guia, algumas considerações devem ser tomadas. Os conteúdos dos módulos devem ser entendidos como temáticas que, a nosso ver, são essenciais e devem guiar o ensino da evolução biológica. Ao planejar suas aulas, ou momentos de educação informal, o professor deve decidir a melhor maneira de trabalhar tais temáticas. Trazemos ideias e sugestões entendendo que as condições de ensino variam e com elas as atividades e métodos que serão utilizados. Cabe dessa forma ao professor responsável, em posse do conhecimento a ser ensinado, a escolha da melhor maneira de compartilhá-los em cada situação de ensino.

Boa leitura e Vamos falar de evolução!!

Sumário

<i>INTRODUÇÃO</i>	11
<i>O que é a evolução biológica?</i>	11
<i>Capítulo 1- Mas afinal, o que faz a ciência?!</i>	11
<i>Observação, Curiosidade, Conhecimento – Como surgem as ideias científicas?</i>	12
<i>CAPÍTULO 2 - A biologia e a transformação da vida</i>	16
<i>Construindo uma ideia</i>	17
<i>A descendência com modificação e a seleção natural</i>	21
<i>E além...</i>	29
<i>Capítulo 3 -Sugestões para planejamento</i>	34
<i>Como Planejar</i>	35
Sugestão de Atividades	36
Orientações sobre como articular conteúdos biológicos em uma perspectiva evolutiva	38
<i>Perspectiva única, comparada e histórica.</i>	40
<i>Referências:</i>	44

INTRODUÇÃO

*O que é a evolução biológica?*¹

A evolução biológica diz respeito às transformações que ocorrem nas espécies ao longo do tempo, assim como a origem de adaptações e grande diversidade presentes na natureza. Quando passamos a nos questionar sobre o que vemos, sobre a variedade de formas e comportamentos da vida, estamos refletindo sobre o *status* atual de diferentes linhagens que foram moldadas pela evolução desde o surgimento da vida. Dessa forma, a evolução orgânica é uma propriedade emergente dos seres vivos. Um fenômeno inerente a dinâmica criativa e surpreendente da vida há pelo menos 3,4 bilhões de anos.

A ciência que a estuda abarca conhecimentos de diversas áreas como a paleontologia, biologia, geologia e biogeografia na busca de entender os mecanismos e processos que resultam na diversidade que observamos. Sendo assim, é necessário um olhar amplo e integrador para perceber a especificidade de cada área assim como as relações entre elas.

Como se trata também de uma ciência onde os processos estudados compreendem uma escala temporal muitíssimo grande estando fora da percepção direta que temos da natureza, devemos olhar estes conhecimentos como narrativas históricas sobre a vida que escrevemos a partir do que observamos hoje e os registros que conseguimos observar do passado. Sendo assim, ao trabalhar a evolução biológica no contexto da educação científica a centralidade deve ser esse conhecimento construído ao longo dos séculos e a forma como este tem implicações diretas na maneira como nos percebemos e percebemos a natureza a nossa volta.

*Capítulo 1- Mas afinal, o que faz a ciência?!*²

¹ MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. *Evolução: O sentido da biologia*. Unesp, 2005;

MAYR, Ernst. *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo*. Editora Companhia das letras, 2008.

-

² CACHAPUZ, Antonio et al. *A necessária renovação do ensino das ciências*. 2005;

Observação, Curiosidade, Conhecimento – Como surgem as ideias científicas?

Temos sempre em mente a imagem de cientistas malucos vestidos em seus jalecos fazendo grandes descobertas em seus laboratórios. Habitualmente a forma como concebemos a ciência em nosso cotidiano e em sala de aula faz parecer que este cenário é a essência da produção do conhecimento desconsiderando a natureza da pesquisa e do processo de desenvolvimento científico. Infelizmente costuma-se lidar com o conhecer e o conhecimento de modo fragmentado e estático, não favorecendo uma visão coerente do trabalho científico e distanciando o que está nos livros da realidade deixando apenas informações sem sentido e a visão do homem do jaleco.

Essa visão ahistórica e descontextualizada do conhecimento científico geralmente é acompanhada de uma abordagem absolutista da ciência, na qual o que se produz e se veicula constitui a verdade sendo este o único e melhor caminho para se conhecer a realidade e o mundo em que vivemos. Ideias deste tipo podem levar a negação de determinado conhecimento por incompatibilidade com o senso comum, crenças e experiências do sujeito.

FUTUYMA, Douglas J. (Ed.). *Evolução, ciência e sociedade*. Sociedade Brasileira de Genética, São Paulo 2002;

MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. Editorial Psy, 1995;

MAYR, Ernst; ANGELO, CLAUDIO. *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo*. Editora Companhia das Letras, 2008.

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. UFMG, 2000

Enquanto campo explicativo de construção humana, a ciência vai na contramão

ATENÇÃO, PROFESSOR!!

A questão da linguagem científica é de extrema importância no ensino da evolução biológica, levando em consideração que a palavra *evolução* compreende inúmeros significados que podem levar a falsas interpretações da teoria. Na linguagem comum utilizamos a palavra *evolução* no sentido de progresso, desenvolvimento e melhoria. Quando aplicamos estes significados em nossa interpretação da teoria biológica somos levados a falsas ideias como a de superioridade entre uma espécie e outra. Na linguagem científica, ou seja, no campo de explicação construído pelos cientistas, a palavra *evolução* não significa melhoria e progresso com alguma finalidade, mas sim, remete ao processo de transformação inerente aos seres vivos em sua variedade de interações com o meio. Termos como *adaptação*, *seleção natural* e inclusive a própria palavra *teoria* também merecem atenção. Dessa forma, faz-se necessário ficarmos atentos ao tratar das palavras, termos e conceitos científicos que se discutem em sala de aula e que também são utilizados em outros contextos pelo estudante.

Ver mais em:

A árvore do conhecimento, Maturana e Varela, 1995

História da construção do conceito de evolução biológica, Meghloratti, 2004

Isto é biologia, Erns Mayr, 2008

Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências, Mortimer, 2000

deste estereótipo, refletindo os avanços do homem na busca de compreender e se relacionar com o que o cerca à partir dos seus sentidos, vivências, técnicas e imaginação. Sendo assim é dinâmica e possui uma história que deve ser respeitada no ensino de ciências uma vez que um dos objetivos deste é a introdução do sujeito em uma forma particular de gerar explicações com métodos e conhecimentos específicos que foram e permanecem sendo construídos continuamente.

Segundo os biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela (1995), a ciência constitui um caminho explicativo, dependente de uma metodologia, **linguagem**, história e questões próprias. Assim como a ciência, os autores reconhecem outros caminhos explicativos, mas estes terão suas próprias metodologias, linguagem e questões. Essa noção da natureza científica é de extrema importância no ensino de evolução biológica, uma vez que um dos principais obstáculos a sua aceitação é a crença de que há apenas um caminho explicativo e verdades absolutas sobre os fatos que observamos. Dessa forma, conteúdos que, como a evolução, se encontram relacionados e apresentam

– por conta da visão errônea derivada da má interpretação e desconhecimento-incompatibilidade com concepções culturalmente aceitas, tendem a ser rejeitados e não compreendidos. Entender a ciência como um campo explicativo e não como detentora de verdades absolutas, abre espaço para aceitação de outras formas de explicar a realidade sem tirar o mérito de nenhuma delas.

A formulação de explicações pela ciência, consiste na realização de observações, descrição de fatos, realização de experimentos, inferências e proposições para explicar o que se vê e se questiona. Trabalha-se inicialmente com hipóteses e à medida que os fatos dão suporte a elas, vão sendo reforçadas e se consolidando como a melhor explicação.

É comum pensarmos em *teorias* no sentido habitual do cotidiano que geralmente está relacionado com conjecturas e suposições com fundamento incerto, mas na ciência a *teoria* não é apenas uma opinião e sim um conjunto de conhecimento bem estabelecido capaz de explicar determinado fenômeno. Segundo o The Oxford English Dictionary, teorias são “uma hipótese que foi confirmada ou estabelecida por observação ou por experimentação e é proposta ou aceita como justificativa dos fatos conhecidos; uma afirmação das leis, princípios ou causas gerais de alguma coisa conhecida ou observada”.

No caso da biologia, as observações, questões e ideias que buscavam explicar os seres vivos em sua composição, desenvolvimento e comportamento levaram a percepção da unidade dos seres vivos em sua composição e padrões de desenvolvimento assim como da grande diversidade viva e extinta e da estreita relação entre forma, comportamento e ambiente. A *teoria da evolução biológica*, segundo a qual descendem todos os seres vivos de uma forma de vida ancestral e passamos por diversos processos de transformação ao longo de bilhões de anos, consiste em um conjunto de princípios e mecanismos elaborados ao longo dos últimos séculos para explicar estas constatações sobre a vida. Para Futuyma (2002), a Teoria da Evolução é até o momento a melhor explicação, uma vez que resistiu e resiste aos testes tendo melhor poder explanatório. Segundo ele,

Nenhuma hipótese científica diferente da descendência comum com modificações consegue elucidar e fazer previsões a respeito da unidade, diversidade e propriedades dos organismos vivos. Nenhuma outra hipótese sobre a origem da diversidade biológica é respaldada por provas tão esmagadoras e nenhuma hipótese concorrente gera tamanha riqueza de estudos científicos e tem tantas implicações para as Ciências Biológicas e suas aplicações para as necessidades da sociedade. (FUTUYMA,2002,p.66)

Para Mayr (2008), em 1859 quando Charles Darwin expôs suas ideias sobre a transformação das espécies e origem comum, elas foram consideradas *teorias*, porém com a grande quantidade de evidências que apoiam essas *teorias* juntamente com a falta de contra evidências, têm levado os biólogos a aceitarem tais *teorias* como *fatos*.

Dessa forma, a biologia enquanto ciência da vida, assim como outras ciências, têm caráter dinâmico. O conhecimento que temos hoje não é absoluto, neutro e fruto de um único gênio uma vez que é continuamente construído, dependente do contexto de cada época, estando sujeito a erros de interpretação, sofrendo influências e influenciando aspectos da sociedade.

Conhecer a história por trás das teorias é essencial para essa compreensão da ciência uma vez que permite visualizarmos o contexto de proposição e aceitação das mesmas, assim como ampliarmos o perfil de conceitos que abarcam determinada ideia.

Nos próximos módulos propomos esse mergulho histórico no caminho explicativo da ciência sobre a transformação da vida, mostrando como essa ideia surge no pensamento científico e se desenvolve dentro do mesmo, ganhando status de Teoria da Evolução Biológica, tida como unificadora de todo o conhecimento biológico, assim como suas implicações no desenvolvimento científico e na sociedade. Esta abordagem procura se aproximar de uma

educação que leve em consideração a natureza do conhecimento trabalhado afim de que o sujeito se aproxime do caminho científico de gerar explicações podendo compreender como se desenvolveu e desenvolve o conhecimento e o que ele tem a ver com isso, superando visões distorcidas da ciência e do conhecimento científico.

Vale a pena ver também...

- *Teoria fato ciência in Isto é biologia: a Ciência do mundo vivo. Ernst Mayr pg.92*
- *Apêndice 1- Evolução: Fato, Teoria, Controvérsias Futuyma pg.66 in Morgante, João Stengh (Ed.). Evolução, ciência e sociedade. Sociedade Brasileira de genética, 2002*
- *O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania, Praia; Gil-Pérez e Vilches, 2007*
- *Série “Cosmos- a Spacetime Odyssey”- Série de documentários científicos do ano 2014 que versam sobre os mistérios do universo e a busca da ciência em explica-los. Com episódios muito didáticos, traz exemplos, imagens e explicações sobre os mais diversos temas. Estaremos nos referenciando a alguns episódios especialmente úteis para compreensão de temas aqui expostos, mas desde já recomendamos a série completa como uma ótima fonte de estudos e discussão tanto para o professor como para os estudantes. Para este módulo inicial, sugerimos o episódio 13 que traz uma bela reflexão do trabalho científico, suas limitações e potencialidades. Os episódios podem ser facilmente encontrados em sítios da internet para download ou visualização online. Seguem dois:*
- <http://www.filmesonlinegratis.net/assistir-cosmos-a-space-time-odyssey-todas-as-temperadas-dublado-legendado-online.html>
- <http://megafilmeshd.net/series/cosmos-a-space-time-odyssey.html>

*CAPÍTULO 2 - A biologia e a transformação da vida*³

³ BIZZO, Nelió Marco Vincenzo. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 1991. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo;
CARROLL, Sean B. **Infinitas formas de grande beleza: como a evolução forjou a grande quantidade de criaturas que habitam o nosso planeta**. Zahar, 2006.;

Construindo uma ideia

Ao longo do desenvolvimento humano e do conhecimento sobre o mundo natural muitas explicações foram concebidas na busca de entendermos o que nos rodeia. Teorias relativas à origem e história da Terra e dos astros, sobre a natureza dos seres vivos assim como sua diversidade de formas e comportamentos despertaram a curiosidade de seres humanos desde os tempos mais longínquos. Algumas destas, serviram como arcabouço teórico para o surgimento e posterior desenvolvimento da Teoria da Evolução Biológica.

Os humanos primitivos explicavam os fenômenos observados através de uma abordagem inteiramente conectada com a natureza, atribuindo a ela divindades, sendo o maior objeto de adoração e respeito. Embora não se tenham muitos registros desse conhecimento, para Mayr (1998), essa tradição teve forte influência nos pensadores gregos permitindo o desenvolvimento da filosofia e da ciência primitiva.

Dentre os pensadores gregos o que mais se distingue em relação aos estudos sobre seres vivos, é Aristóteles (384-322 a.C.), pioneiro no estudo sistemático de diversas áreas, como as análises descritivas e comparativas dos seres, da história de vida de várias espécies, da reprodução e da diversidade orgânica.

Apesar de hoje ser reconhecido como fundamental para a biologia evolutiva, uma vez que a história natural, fundada por ele, supre as evidências indiretas básicas da evolução, como descrição e comparação de espécies, no período em que vivia, e durante um longo período depois dele, não havia espaço para se pensar a evolução biológica. Segundo Mayr, 1998,

Havia a ausência de um conceito de tempo, e se tem havido uma ideia de tempo, era a de uma eternidade imutável, ou a de uma mudança cíclica constante-contínua, retomando sempre ao mesmo princípio. Existia o conceito de um Kosmos perfeito. Existia o essencialismo, que é completamente incompatível com o conceito da variação ou mudança. Tudo isso teve que ser abalado e demolido, antes que se pudesse pensar na evolução. (MAYR,1998, p.347)

FUTUYMA, D. J. *Biologia Evolutiva: Sociedade Brasileira de Gené-tica*. **Biologia Evolutiva: Sociedade Brasileira de Gené-tica**, 1992.

MARGULIS, Lynn; SAGAN, Dorion. *O QUE É VIDA?* Zahar, Rio de Janeiro,2002; MAYR, Ernst. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Ed. UnB, 1998.; MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. **Evolução: o sentido da biologia**. Unesp, 2005; <http://www.ib.usp.br/evosite/>;

É fácil conceber que inicialmente existiu uma visão de mundo jovem e fixo ligado ao senso comum, pois é o tipo de conhecimento intuitivo derivado de nossas observações superficiais e a noção de tempo. No entanto, a partir do século XVII, evidencia-se no estudo da origem e transformação dos astros por Pierre Simon Laplace (1749-1827), do sistema solar, por Immanuel Kant (1724-1804) e no estudo da formação do relevo e da Terra por James Hutton (1726-1797) um movimento contrário, um movimento que evidencia a mudança contínua. O princípio incontestável, de que os seres e a natureza são constantes e inalterados, gradualmente passa a ser questionado e leva a crer em um mundo antigo e dinâmico onde a natureza, as espécies, paisagens e tudo que envolve a vida se transformam.

Como todo conhecimento científico, este que permitiu uma nova visão da natureza, foi construído por observações, métodos e questionamentos específicos de diversos cientistas ao se questionarem, por exemplo, sobre a idade da terra, a existência de fósseis, a relação entre as formas, o comportamento e a distribuição das espécies.

Os estudos da vida, neste momento, também abrem espaço para o transformismo, sendo o trabalho de Georges – Louis Leclerc, conde de Buffon (1707- 1788) notável por conceber a mudança como inerente aos seres vivos. De acordo com Mayr (1998) ele teve uma enorme influência liberal no pensamento contemporâneo, em áreas tão diferentes como a cosmologia, o desenvolvimento embrionário, as espécies, o sistema natural, e a história da Terra. Buffon reuniu ao longo de sua vida o conhecimento que retratou na obra “*Historie Naturelle, Génêrelle et Particulière*” (1749-1789), uma enciclopédia dividida em 44 volumes, onde analisa os reinos animal, vegetal trazendo um novo paradigma, mais plástico e flexível para a história natural.

Ao refletir sobre a origem do planeta Terra, Buffon concebia uma origem remota de 70.000 anos onde os planetas seriam detritos de uma colisão entre um cometa e o sol. A Terra teria então passado por diversas fases entre um planeta extremamente quente e seco, tempos de resfriamento, e o que conheciam então. Essa noção de maior espaço tempo e de transformação representava um pensamento novo na sociedade e abre caminho para se repensar os processos naturais, como a transformação das espécies.

Buffon propôs uma teoria para a origem e transformação das espécies, baseada na geração espontânea de diversas formas de vida, simples e complexas, nos oceanos da Terra primitiva por um “molde interno” de cada espécie. Com o resfriamento da Terra e a migração desses seres para outros ambientes e climas, novos moldes e alterações foram gerando novas

formas de vida. Uma espécie de gato ancestral, por exemplo, teria se modificado à medida que conquistaram diferentes ambientes dando origem à diferentes felinos.

Embora as teorias de Buffon não apresentassem explicações claras para os processos propostos e sejam baseadas em ideias há muito tempo desacreditadas na ciência, elas representam uma visão plástica da natureza e dos seres vivos, um olhar fundamental para se pensar na evolução das espécies. Uma vez que concebe mudanças ao longo do tempo e a influência do ambiente nas espécies, Buffon esbarra em ideias evolucionistas e influencia toda uma geração de naturalistas com suas ideias.

Erasmus Darwin (1731-1802) avô paterno de Charles Darwin também reforçou o pensamento transformista ao escrever sobre a existência de um ancestral comum, a herança de caracteres adquiridos e o papel do ambiente, da competição e da seleção sexual na transformação das espécies. Seus pensamentos teriam grande influência nas posteriores análises de seu neto e na elaboração de um mecanismo evolutivo.

De todos os pensadores, porém, o que mais se destacou no contexto pré-darwiniano foi Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), naturalista francês primeiro a propor uma forma clara de explicação acerca da transformação das espécies em sua obra *Philosophie zoologique* (1809).

Enquanto Buffon acreditava na geração espontânea de formas complexas, Lamarck trabalhava com a ideia da geração espontânea de formas simples de vida. Sendo essa geração constante, os seres que vemos hoje com diferentes graus de complexidade representariam o tempo decorrido: os mais complexos teriam surgido há mais tempo e os menos complexos

ATENÇÃO, PROFESSOR(A)!!

É importante considerar no ensino da evolução, o caráter histórico da construção científica. É habitual, encontrarmos em livros a ideia de que Lamarck estava errado enquanto Darwin estava certo. As ideias não aceitas hoje em dia e creditadas a Lamarck, na verdade além de também terem sido utilizadas por Darwin, eram predominantes no pensamento científico da época, como por exemplo, a ideia de herança dos caracteres adquiridos. Sendo assim, não existe melhor ou pior cientista e percebemos a não neutralidade científica, uma vez que o pensamento coletivo e o que se discute na sociedade da época influencia muito o que se pesquisa dentro da ciência e as ideias que geramos a partir disso. Lamarck foi um grande biólogo e contribuiu de diversas formas na consolidação desta área de conhecimento.

seriam mais recentes. Segundo ele os seres inferiores e primitivos teriam origem constantemente

através da geração espontânea- ideia aceita e comum na época, erroneamente creditada a Lamarck- e em uma sequência progressiva se tornariam mais complexos a cada geração. Como não conseguiu

demonstrar essa sequência de aumento de complexidade diante da infinita diversidade de espécies, acrescentou a sua ideia original o papel do ambiente. Ele seria responsável por gerar desvios no arranjo linear da evolução, gerando alterações nas necessidades dos organismos refletidas em sua morfologia. Lamarck utiliza dentre alguns exemplos as membranas interdigitais de aves aquáticas que com a intensificação do uso da área afim de melhor se locomover no ambiente começaram a desenvolver tais estruturas. Da mesma forma ocorreria com o pescoço da girafa e no caso das cobras, a perda das pernas estaria relacionada com o desuso das mesmas em ambientes estreitos e úmidos. Para Lamarck, o meio ambiente e suas mudanças geravam necessidades nos organismos. Esta era suprida pela aquisição ou perda de órgãos combinada com a herança de caracteres adquiridos, tendo como produto final a adaptação.

A ideia de Lamarck, pressupõe aperfeiçoamento das espécies de modo que algumas seriam mais evoluídas que outras. Sua hipótese, apesar de explicar as mudanças em uma linhagem, não é bem-sucedida em explicar as incríveis adaptações dos mais diversos organismos e a multiplicação das espécies.

Apesar da obra de Lamarck representar o primeiro esforço de sistematizar ideias evolutivas na ciência, passaram-se mais de cinquenta anos até a ideia de evolução orgânica ser aceita. O forte paradigma criacionista-essencialista não permitia ideias inventivas, mas ainda assim existia uma grande onda de pensamento evolutivo naquela época. Segundo Mayr (1998)

A gradativa melhoria dos registros fósseis, os resultados da anatomia comparada, o surgimento da biogeografia científica, e muitos outros desdobramentos na ciência biológica, contribuíram para tomar o pensamento evolucionista cada vez mais palatável. Mas isso não significou que as teorias explicativas lamarckianas, do século XVIII, se tenham tomado mais aceitáveis. (MAYR,1998 p.403)

Ainda assim, Lamarck apresenta grande mérito na biologia evolutiva, uma vez que sua teoria era oposta ao movimento predominante que acreditava em um mundo estático, aceitando e incorporando ideias consistentes de mudança evolutiva, baseadas em evolução gradual e uniformitarismo progressivo, sendo um claro precursor de Darwin.

A descendência com modificação e a seleção natural

Diante deste cenário que abriu espaço para o pensamento sobre a transformação das espécies, o pensador que marca esse período de forma mais intensa é o naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882). Viajando durante cinco anos no navio de expedição topográfica Beagle (1831-1836), realizou coletas, observações e anotações acerca dos seres vivos ao redor dos continentes. De acordo com Mayr (2008), durante a viagem Darwin entra em contato com os escritos de Charles Lyell (1799-1875) e começa a pensar sobre a mutabilidade da natureza.

De volta da expedição Darwin começa, em 1837, a sistematizar as informações coletadas e percebe que os tentilhões das Ilhas Galápagos que ele pensou se tratarem de uma mesma espécie na verdade apresentavam variações e representavam espécies diferentes de acordo com a ilha que habitavam o que leva o naturalista a hipótese de que as diferentes espécies derivam de variações de uma espécie comum. Da mesma forma observou semelhanças entre a fauna e a vegetação da costa sul americana e africana levando-o a crer cada vez mais na modificação das espécies e no papel do ambiente nesta transformação. Em busca de consolidar suas ideias, Darwin trabalha nos 20 anos seguintes afim de não só reunir evidências da evolução mas propor um mecanismo para as mudanças evolutivas, segundo DiMare, raciocinando do conhecido para o desconhecido em um modelo ideal de indução científica. O que diferencia a teoria darwiniana das existentes antes dele, é justamente a enorme quantidade de evidências coletadas de diversas áreas e a grande capacidade do mesmo em realizar inferências e propor mecanismos para dar suporte para suas hipóteses de origem comum e seleção natural.

Inicialmente sua teoria leva em consideração a observação do registro fóssil, a distribuição geográfica das espécies, anatomia e embriologia comparadas e a modificação de organismos domesticados. Para ele a hipótese que explica tais observações é o de que os seres vivos compartilham um ancestral comum tendo se diversificado e gerado as inúmeras linhagens que vemos hoje. Para explicar o mecanismo evolutivo, ou seja, o processo que levava às transformações e adaptações dos organismos, Darwin considerou o *Ensaio sobre Populações* (1798) de Thomas Malthus em que falava sobre a dinâmica de crescimento populacional e escassez de recursos. Segundo El-Hani e Meyer (2005) para Darwin se todas os indivíduos exercem ao máximo seu potencial fértil haveria uma saturação que não

observamos na natureza, dessa forma pressupôs que deveria haver algum tipo de controle natural que mantivesse o equilíbrio entre populações e recursos. Para ele esse controle se daria pela sobrevivência e reprodução diferenciadas, onde os indivíduos mais aptos a sobreviver e se reproduzir em determinado ambiente deixariam mais descendentes. Este é o princípio da *seleção natural* que poderia não apenas gerar modificações dentro das espécies como ser responsável pelo surgimento de novas espécies.

A seleção natural foi descrita independentemente por outro naturalista britânico, [Alfred Russel Wallace \(1823- 1913\)](#) que chegou à uma ideia bastante similar à de Darwin a partir de observações coletando espécimes biológicos na América do Sul e no arquipélago malaio. Apesar de frequentemente esquecido, o trabalho de

Pouco se fala da vida deste personagem. É interessante perceber os contextos diferentes que levaram a formulação de, basicamente, a mesma teoria do mecanismo evolutivo. Segundo Browne (2006), Wallace vem de um contexto bem diferente de Darwin. Sem renda pessoal, autodidata e com exímio poder de observação, ganhava a vida coletando espécimes para vender a museus e colecionadores em diferentes lugares do mundo e por isso estava na rede de relações de Darwin que se interessava por aves do arquipélago malaio. Embora vivessem em realidades distintas, os dois liam as mesmas obras como Lyell e Malthus e tomaram deles as mesmas noções de transformação gradual e sobrevivência diferencial. Darwin construiu uma teoria consistente e profunda, porém, Wallace não deve ser visto como sua sombra e sim como um cientista que contribuiu efetivamente na estruturação de um arcabouço teórico que transformou os referenciais da humanidade sobre a origem da vida. A contribuição de Wallace, assim como de outros cientistas preteridos ou esquecidos só chegará às salas de aula se forem trabalhadas e valorizadas durante a formação dos professores de Ciências Biológicas, tendo como eixo norteador a História da Biologia.

Wallace foi apresentado juntamente com o ensaio de Darwin sobre a seleção natural em uma reunião da Linnaean Society de Londres em 1º de Julho de 1858 e ele é justamente considerado o co-descobridor do principal mecanismo evolutivo. De acordo com Futuyma (2002) esta primeira apresentação não teve muita resposta do meio científico e em 1859 Darwin publica sua síntese de amplo alcance, *Sobre a Origem das Espécies* que trazia duas teses separadas: “que todos os organismos descenderam com modificação a partir de ancestrais comuns, e que o principal agente de modificação é a ação da seleção natural sobre a variação individual”.

Sendo assim, a evolução para Darwin era um processo *variacional* e não *transformacional* como o de Lamarck, por exemplo. Os organismos não se tornariam mais complexos em uma sequência de transformação linear a partir de seres primitivos, mas se modificariam a partir

de ancestrais comuns à medida que variações aleatórias dentro das populações conferissem mais chances ao indivíduo portador de sobreviver e se reproduzir. Não haveria uma intenção dos organismos em se transformarem, tampouco um agente seletor no ambiente, apenas variações que em alguns casos poderiam conferir vantagem e dessa forma serem perpetuadas na população. Essa dinâmica a longo prazo levaria à substituição da população original e a formação de novas espécies.

Muitos autores de diversas vertentes discutiram o trabalho de Darwin, suas influências e implicações sob o contexto social. O biólogo Nelio Bizzo (1991) comenta em sua tese intitulada, *Ensino de Evolução e História do Darwinismo*, o trabalho de quatro destes cientistas e pensadores que discutiram as ideias darwinianas.

O biólogo e pensador liberal Emanuel Radl (1873-1942), analisa o contexto social e político da teoria darwiniana. Para Radl, as idéias econômicas de Adam Smith e Thomas Malthus exerceram grande influência na obra de Darwin. Analisou a obra dividindo-a em partes principais: *Sobre o método- onde baseia o método darwiniano na busca de fatos sobre novas variedades de seres vivos- Sobre a origem das variações- seriam a influência do meio, a influência indireta dos órgãos reprodutores e mudanças de costumes*. Embora essas ideias fossem desacreditadas, Radl faz uma exposição interessante sobre a influência do pensamento darwiniano em diversos campos de conhecimento como astrologia, geologia, química, linguagem, pedagogia, política e a própria biologia. Nesta, ressalta o novo enfoque dado a busca da diversidade, a embriologia e a anatomia comparada, a geração espontânea, reprodução e biogeografia.

O pensador John C. Greene (1953), que se dedicou ao estudo da biologia, discute o que é ciência, o significado do *darwinismo* e debate sua correspondência com uma revolução científica baseada nas ideias de Thomas Kuhn (1922-1996). Segundo Bizzo, (1991), Greene considera a existência de sete formas gerais de se entender o darwinismo: Como teoria da evolução; Teoria da evolução através de variação aleatória; Luta pela existência e seleção natural; Teoria da seleção natural versus teorias rivais; Filosofia da ciência; Darwinismo social; Visão de mundo. Ao analisa-lo como uma revolução científica, verifica que apesar de a teoria kuhniana explicar aspectos do desenvolvimento da história natural e da teoria evolutiva, ela não pode ser utilizada como modelo conceitual para explicar o darwinismo uma vez que não apresenta os princípios previstos por Kuhn de anomalias e crises e o caráter não cumulativo de um novo paradigma. A descendência com modificação e a ideia de transformação das

espécies proviam de pensadores anteriores a Darwin e seus conceitos de seleção natural e de mecanismos hereditários não eram suficientes para orientar novas pesquisas. O novo paradigma surgiria a partir de 1930 e a síntese moderna, não fazendo parte do arcabouço do darwinismo.

O marxista Robert Maxwell Young (1935), ao se dedicar ao estudo da biologia, analisa o darwinismo sob uma ótica social, percebendo as repercussões e metáforas como “luta pela sobrevivência, “sobrevivência do mais apto”. Para Young não haveria distinção entre o darwinismo e o darwinismo social uma vez que ideias dominantes na sociedade, são científicas e um âmbito influencia o outro mutuamente.

Ernst Mayr (1972) explicita as contribuições de Darwin chamando de “revolução darwiniana” com seis pontos principais: as ideias sobre a idade do planeta Terra foram profundamente reformuladas a partir do trabalho biológico de Darwin , o catastrofismo deixou de ser uma teoria aceitável, do ponto de vista científico, a ideia de uma evolução pré-programada foi deixada de lado, o criacionismo foi definitivamente abandonado como única explicação possível, o nominalismo e o essencialismo cederam lugar ao pensamento populacional e o antropocentrismo foi abandonado como modelo de referência ao pensamento.

Para analisar as contribuições de Darwin, Mayr (1998) subdivide a obra em cinco componentes principais:

1. A evolução ocorre: organismos evoluem ao longo do tempo
2. Os seres vivos compartilham um ancestral comum
3. A variação dentro da espécie origina diferenças entre espécies
4. A evolução se dá por mudanças graduais na população
5. A seleção natural é o mecanismo subjacente à mudança evolutiva:

a. Todas as espécies têm alta fertilidade

b. Populações apresentam tamanho estável

Essas duas premissas levam a noção de que há algum tipo de controle, uma vez que as populações não se proliferam infinitamente.

c. Aumento da disponibilidade de recursos não acompanha população

Dessa forma pressupõe-se que o controle deriva da competição entre os indivíduos. Os próximos pontos explicam o que determina os sobreviventes.

d. Populações apresentam variabilidade

e. Parte dessa variabilidade é herdável

f. Parte da variação ocorre em características que alteram as chances de sobrevivência e reprodução

Dessa forma existe uma dinâmica de sobrevivência e reprodução diferenciadas dentro das populações, significando simplesmente que os indivíduos com características que conferem vantagem em determinado ambiente sobreviverão até uma idade suficiente para se reproduzir e passarão adiante estas características. Não há um agente seletor no ambiente escolhendo indivíduos melhores ou mais capazes. Apenas indivíduos diversos biologicamente em interações diversas e contínuas com o ambiente, onde alguns terão mais chances de sobreviver e deixar descendentes.

Para Mayr, as cinco teorias constituiriam o darwinismo. Segundo ele tanta confusão sobre o teor do trabalho de Darwin se deve ao fato de levarem em consideração apenas alguns desses componentes, assim como o aspecto anti-determinístico que parece ter sido o cerne da discordância com o mecanismo.

Apesar da descendência com modificação ser aceita por grande parte da comunidade científica poucos anos depois de sua proposição devido ao seu poder explicativo evidente, a seleção natural como mecanismo da evolução foi amplamente rejeitada. Para o autor, a seleção natural seria o aspecto mais celebrado da teoria. Como processo dividido em duas etapas, sendo uma primeira aleatória e a segunda determinística, teria sido motivo de discordância sobre o mecanismo, assim como o peso dado aos processos aleatórios, motivo de discordâncias até os dias atuais. Como afirma Bizzo, "...a seleção natural é, a um só tempo, um processo aleatório- não podemos saber quais as novas combinações que aparecerão nas novas gerações- e determinístico- os melhores adaptados de cada geração sobreviverão mais e terão mais descendentes"(BIZZO,1991,p.83) .

Conforme Futuyma (2002) o impacto científico da descendência com modificação, porém, gerou base conceitual para o estudo da morfologia comparada, embriologia descritiva,

paleontologia e biogeografia, uma vez que a partir dela pode-se pensar os seres vivos de modo a relacioná-los em uma história comum.

A ideia central na teoria da evolução que revela a relação existente entre todos os seres vivos, trouxe além de grande impacto na sociedade devido ao conflito com o senso comum uma reestruturação dentro da própria biologia. A ciência que, até então, se ocupava em estudar e classificar a vida por meio de descrição de estruturas e processos passa agora a trabalhar sob uma nova perspectiva, passa a analisar a ligação entre os seres, seu grau de parentesco, reconstruir ancestrais comuns e uma vez que a evolução ocorre continuamente, passam a estudar aspectos das populações e dos ambientes atuais afim de perceberem a dinâmica evolutiva.

A *filogenia* surgiu como nova área na biologia em busca de estabelecer as relações evolutivas entre os seres a partir da anatomia comparada e, mais tarde, com a ajuda da biologia molecular e o incremento da paleontologia foi possível reconstruir a árvore filogenética dos seres vivos.

As dificuldades em explicar a origem das variações e como podem ser transmitidas às gerações futuras constituíram, porém, geraram grande entrave a aceitação da teoria que só foram sanadas com a elucidação da biologia molecular no século XX.

ATENÇÃO, PROFESSOR(A) !!

Segundo pesquisas no ensino de evolução, percebe-se um movimento na aprendizagem de conceitos centrais parecido com o movimento histórico da construção da teoria evolutiva: Os alunos (e até os professores) têm uma tendência a aceitarem a evolução das espécies como uma escada onde os seres primitivos estão na base e os mais complexos no topo, o que se aproxima da visão lamarckista de progressão linear das espécies. Dessa forma, é importante que o professor tenha conhecimento das principais características que distinguem as duas teorias para auxiliar os alunos a ampliarem essa concepção de evolução na direção de uma ideia que hoje aceitamos cientificamente, a qual se aproxima da visão darwiniana que pressupõe uma origem comum e a aleatoriedade e seleção natural como responsáveis pela transformação das espécies. O professor deve utilizar recursos visuais, como o diagrama abaixo retirado de Meyer e El-Hani, 2005 e pode exemplificar as diferenças entre uma teoria e outra ao estudar casos sob as duas perspectivas destacando o papel do ambiente em cada abordagem.

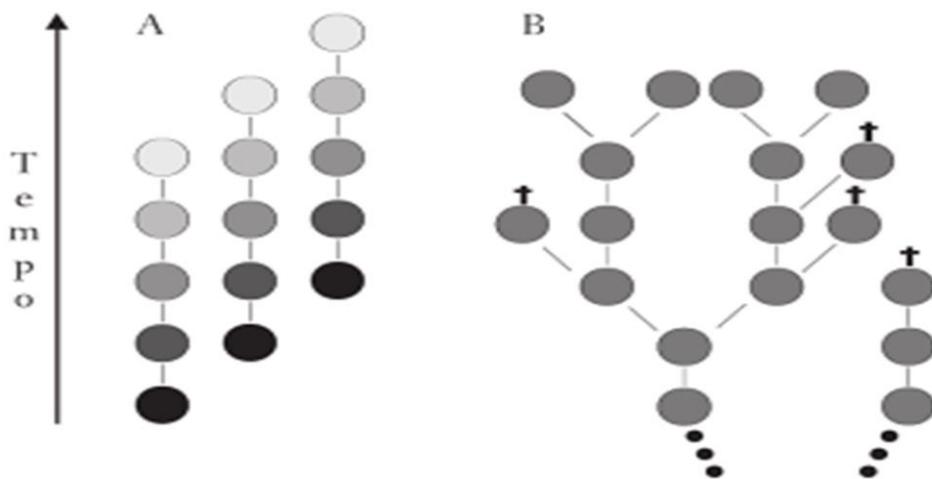
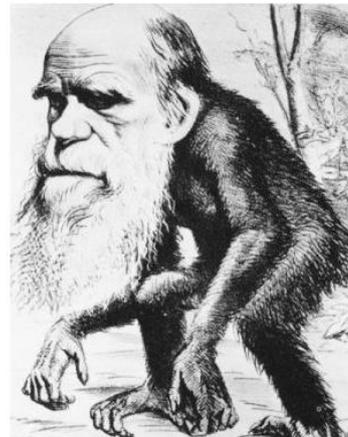


FIGURA 1. ARRANJO LINEAR DE ESPÉCIES, SEGUNDO LAMARCK (A), E NA FORMA DE ÁRVORE, SEGUNDO DARWIN (B). AS CORES MAIS CLARAS EM (A) INDICAM ESPÉCIES PROGRESSIVAMENTE MAIS COMPLEXAS.

Pare e pense!

A recepção da Teoria e os mal-entendidos da ciência

A teoria de Darwin causou grande alvoroço na Inglaterra vitoriana principalmente pelo fato de trazer a ideia de origem comum e parentesco entre todas as espécies em uma sociedade estritamente antropocêntrica e com o pensamento ainda fixista. Suas ideias aparentemente contradiziam as escrituras bíblicas e o paradigma de fragmentação da natureza onde o homem seria um ser vivo superior por ser criado a imagem e semelhança de um Deus e toda a natureza estaria, portanto, a seu dispor. Quando a teoria da evolução darwiniana vem à tona em 1859 coloca em cheque todos esses preceitos gerando diversos mal entendidos. O primeiro, que persiste até os dias de hoje, diz respeito à descendência dos homens a partir dos macacos. Darwin foi duramente criticado e satirizado (caricaturas como a mostrada abaixo foram divulgadas em diversos panfletos e revistas de comédia da época) sendo que na verdade sua teoria nos diz que os homens e macacos atuais teriam um *ancestral comum* do qual os dois grupos divergiram e não que um evoluiu do outro. Todas as espécies existentes hoje são igualmente evoluídas, não podendo uma ter descendido da outra. Outro mal entendido consistiu no movimento de levar para a esfera social uma interpretação desonesta da ciência que reforçava preconceitos e dominação. O darwinismo social, como ficou conhecido, teve muitos adeptos e pregava a superioridade de determinada “raça” (conceito inadequado biologicamente uma vez que não há diferença genética entre os diversos seres humanos suficiente para classifica-los em raças distintas) e classe social na busca de uma sociedade mais evoluída. Essa visão deturpada levou a experiências humanas terríveis assim como grande massacre em nome desses ideais. Estes são apenas alguns exemplos de como a atividade científica e o conhecimento por ela gerado podem surtir efeitos desastrosos na sociedade. Cabe-nos refletir em sala de aula, enquanto professores de ciência, até que ponto os cientistas têm responsabilidade sob suas descobertas e o papel central da educação no processo de transposição fiel desse conhecimento para a sociedade afim de minimizar mal entendidos e ações erroneamente pautadas na ciência.



Publicação em *Fun*

Magazine, Novembro de 1872 Retirado de <http://www.rc.unesp.br/biosferas/0051.php>

E além...

Após o alvoroço durante a segunda metade do século XIX com a popularização das ideias evolucionistas e as constantes discussões científicas sobre qual seria o mecanismo evolutivo, a natureza das variações e sua transmissão, o século XX chega trazendo novas ideias e conceitos capazes de dar luz a estas questões.

Foi a partir da elucidação e integração dos conhecimentos em genética com os mecanismos da seleção na década de 30 que o darwinismo ganha de volta seu lugar na comunidade científica. A *Síntese Moderna da Evolução*, que inaugurou uma nova era, o *Neodarwinismo*, foi construída devido aos esforços e estudos de diversos cientistas em áreas como a genética, que renasce no início do século, a paleontologia, sistemática e biogeografia.

Segundo Futuyma (1992), Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) no seu *The Genetical Theory of Natural Selection* (A teoria genética da seleção natural), de 1930 e J.B.S. Haldane (1892-1964) com a obra *The Causes of Evolution* (As causas da evolução), de 1932, desenvolveram a teoria da mudança de frequência gênica sob seleção natural e mostraram que pequenas diferenças seletivas poderiam causar mudanças evolutivas. Sewall Wright (1889-1988) por sua vez, trouxe em seu livro *Evolution in Mendelian Populations* (Evolução em populações mendelianas) de 1931 a ideia de que não apenas a seleção natural atua nas mudanças evolutivas mas também fenômenos como endocruzamento, fluxo gênico e os efeitos do acaso. Ernst Mayr (1904-2005) escreveu em seu *Systematics and the Origins of Species* (Sistemática e a Origem das Espécies) de 1942, sobre a natureza da distribuição geográfica e da especiação utilizando os novos conhecimentos em genética. George Gaylord Simpson (1902-1984) em *Tempo and Mode in Evolution* (Tempo e Modo em Evolução) de 1944, levou para a paleontologia os mecanismos genéticos discutidos por Fisher, Haldane e Wright mostrando como as taxas evolutivas e a origem dos principais grupos podiam ser analisados por técnicas derivadas dos pressupostos da síntese moderna. Estes e outros cientistas como Theodosius Dobzhansky (1900-1975) e Julian Huxley (1887-1975), foram responsáveis pela síntese de diversas áreas da biologia em uma explicação coerente da evolução e sua divulgação no meio científico.

Sendo assim, o amplo conhecimento genético que ilustra o século XX, foi responsável por dar luz aos principais conceitos controversos da teoria darwiniana, elucidando a origem

das variações e sua transmissão. Para Futuyma (1992), os princípios fundamentais da síntese evolutiva são:

1. A variação genética surge através de mutações ao acaso e recombinação
2. As populações evoluem por mudanças nas frequências gênicas trazidas pela deriva genética aleatória, fluxo gênico e, especialmente pela seleção natural
3. A maior parte das variantes genéticas adaptativas apresentam pequenos efeitos fenotípicos individuais
4. A diversificação vem através da especiação, a qual ordinariamente acarreta a evolução gradual do isolamento reprodutivo entre populações
5. Esses processos, quando continuados por tempo suficientemente longo, dão origem a mudanças em níveis taxonômicos superiores

Ao encontrarem um caminho para explicar a origem das variações e os mecanismos de transmissão das mesmas, novos pressupostos foram incluídos na Teoria da Evolução: As variações agora podiam ser explicadas pelas mutações e recombinações genéticas. Se estas conferissem efeitos positivos, ou seja, aumentassem as chances de sobrevivência e reprodução do indivíduo, conseqüentemente seriam transmitidas à sua prole e pelos mecanismos de deriva e fluxo genético e não apenas, mas principalmente, pela seleção natural. Tais variações no nível micro se espalhariam levando estes indivíduos ao isolamento reprodutivo e à especiação que podem ser observadas no nível macro nas diferenças entre as espécies.

No século XX também foi possível mais um reforço para a ideia da origem comum proposta por Darwin uma vez que o avanço dos métodos, instrumentos e modelos permitiu conhecer uma porção cada vez menor da vida. A elucidação da natureza molecular do material genético permitiu conhecer mais de sua tradução e transmissão. Entrando cada vez mais na célula e nos seres unicelulares a unidade da vida fica mais óbvia: compartilhamos com todos os seres sejam eles bactérias, protistas, fungos, plantas ou os outros animais, processos moleculares básicos e o mesmo código genético, ou seja, o mesmo mecanismo de transformação de moléculas de ácido nucleico em moléculas de proteína. A partir deste código praticamente universal (hoje sabe-se que ele não é tão universal assim uma vez que a

mitocôndria, algumas bactérias e protistas apresentam uma variação deste) as mais diversas formas de vida foram moldadas.

A compreensão do material genético trouxe inicialmente um alvoroço no sentido de que se esperava encontrar a fórmula dos seres vivos e o que acabou se revelando foi um emaranhado de funções e relações cuja completa compreensão estamos longe de descobrir. O estudo genético de diversos grupos pôde, porém, reforçar estudos evolutivos no que diz respeito às similaridades genéticas o que conferiu mais exatidão a filogenia trazendo também a possibilidade de novos métodos em medicina e na agricultura.

Ao se debruçar na unidade já observada na anatomia e embriologia comparada, a genética, a biologia molecular e a microbiologia realizaram grandes feitos no século XX. A descoberta que mitocôndrias e cloroplastos, estruturas fundamentais da vida responsáveis pela produção de energia nos seres vivos e que permitiu a evolução de seres multicelulares, tem sua origem em procariotos simbióticos primitivos, trouxe mais uma evidência para a origem comum.

A microbiologista americana Lynn Margulis (2002) elaborou a *Teoria da Endossimbiose Sequencial* onde trabalha com esta ideia e vai além mostrando como toda a evolução dos processos primordiais da vida como a fotossíntese, a respiração e a reprodução sexuada assim como os grandes grupos de seres vivos evoluíram por processos primitivos de simbiose, colocando também a cooperação como agente de variação no índice de sobrevivência entre indivíduos de determinada espécie, sendo portanto suscetível a ação da seleção natural e ao longo do tempo podendo causar evolução de processos e espécies.

A *evo-devo*, área que estuda a biologia do desenvolvimento sob uma perspectiva evolutiva, tem mostrado como o desenvolvimento embrionário pode explicar a evolução morfológica. Os avanços na genética e biologia molecular permitem agora, perceber a importância da grande rede complexa que existe desde a fecundação até o desenvolvimento completo de um ser vivo. O genoma se apresenta como um grande mosaico onde genes polivalentes apresentam regiões reguladoras que podem ser alteradas por mutações, gerando variação da expressão de proteínas e consequente mudança morfológica que estará sujeita a seleção natural. Segundo Carroll (2006),

Ao revelar os mecanismos genéticos e embrionários subjacentes às variações, a *evo-devo* permite que contrastemos as vias evolutivas de diferentes grupos. Podemos agora

desvendar antigos mistérios, como o mimetismo batesiano em borboletas, o melanismo em mariposas e até mesmo a evolução do tamanho e da forma dos bicos de tentilhões. Em breve teremos um panorama detalhado de muitos dos exemplos clássicos da seleção natural, e entenderemos a fundo o surgimento e a seleção das variações. (CARROLL, 2006 p.256)

Todas essas frentes de estudo que dão novos ares a temática da evolução biológica, são geralmente esquecidas em materiais para a educação básica. A abordagem dos mesmos em sala de aula configura uma forma de conferir caráter histórico e dinâmico a ciência biológica que origina e embasa a evolução biológica, permitindo melhor compreensão da mesma como construção histórica e aberta.

Pare e pense!

O lugar do ser humano na história da vida

Uma das grandes contribuições da teoria evolutiva no pensamento do homem foi justamente o novo paradigma que trouxe o reposicionamento do ser humano na natureza. Por muito tempo pensou-se nele como ser independente dos outros e da natureza e as ideias de Darwin pela primeira vez colocam o homem na mesma categoria dos outros animais e, mais ainda, dos outros seres vivos.

Quando paramos para pensar na história da vida, ilustrada por bilhões de anos pelas mais diversas criaturas, pela mudança e inconstância dos seres e dos processos biológicos e olhamos para os seres atuais, é perfeitamente concebível que estamos olhando para o resultado de um processo infinitamente maior que nós e que abarca todo o mundo vivo. A evolução humana no incrível calendário cósmico que retrata a história do universo em um calendário anual criado por Carl Sagan, o ser humano chega a terra nos últimos dez minutos antes da meia noite do último dia do ano. Nossa persistente pretensão de superioridade é jogada no ralo quando vemos que todas as formas de vida surgiram na terra antes de nós e as que vemos hoje persistiram da mesma forma ou há muito mais tempo que nós. Somos resultado dos mesmos processos naturais que guiam e guiaram a evolução de todo o mundo vivo que nos cerca.

A evolução do bipedalismo, o aumento craniano e o surgimento da linguagem nos caracterizou como seres humanos e permitiu o desenvolvimento de uma sociedade jamais vista no planeta Terra. Nossa capacidade de pensamento nos torna únicos no reino da vida: Somos a única espécie conhecida consciente de sua própria existência e capaz de refletir e conhecer outros mundos. Isso nos torna amplamente responsáveis. Infelizmente essa responsabilidade não tem sido percebida por nós, apesar da nossa recente ocupação da Terra já geramos um enorme impacto negativo no meio ambiente e nas outras formas de vida. Somos irresponsáveis com nossa própria espécie, valorizando um estilo de vida que nada tem a ver com a dinâmica natural. Nossa capacidade potencial enquanto espécie tem sido direcionada para algumas atividades incoerentes.

Precisamos repensar nosso lugar nessa história e, quanto a isso, Futuyama (1992) escreveu belas palavras:

À medida que aprendemos sobre a genética humana, passamos a avaliar melhor a uniformidade da espécie humana. À medida que estendemos as explicações científicas dentro dos domínios da biologia humana, nós ganhamos confiança- ou ficamos aterrorizados- pela conscientização de que *nosso destino como espécie depende do nosso próprio discernimento e compaixão* e não dos caprichos de uma entidade sobrenatural desconhecida. À medida que pensamos com humildade o nosso lugar na história biológica e à medida que refletimos sobre nossa origem comum com outros seres vivos, poderemos passar a perceber e a nos preocupar com aquelas incontáveis formas muito bonitas e maravilhosas. (FUTUYMA,1992)

Vale a pena ver também...

- *Obstáculos à compreensão do pensamento evolutivo: análise em livros didáticos de biologia do ensino médio, Araujo, 2012*
- *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo, Mayr, 2008. O capítulo intitulado “Perguntas do tipo o quê?: O estudo da biodiversidade” trata de como biólogos vêm construindo e discutindo conceitos relacionados a biodiversidade ao longo dos tempos.*
- *Evolução: o sentido da biologia, Meyer; El-Hani, 2005. O capítulo 1 intitulado “A natureza instiga nossa curiosidade” trata de questões que nos permeiam ao contemplarmos a natureza.*
- *Margulis, Lynn; Sagan, Dorion. O que é vida? Zahar, 2002*
- *Reflexões acerca das diferentes visões de alunos do ensino médio sobre a origem da diversidade biológica, COSTA, 2011.*
- *Site do Instituto de biologia da Universidade de São Paulo “Entendendo a Evolução para professores” traz conhecimentos fundamentais para professores aprenderem e ensinarem evolução. Explore todas as abas mas chamo atenção para a que trata sobre os equívocos que segundo os autores “nublaram o entendimento público da evolução”:*

<http://www.ib.usp.br/evosite/>

<http://www.ib.usp.br/evosite/misconcepts/index.shtml>

- *Página do site de divulgação científica Hypescience que traz matérias relacionadas a evolução biológica podendo servir como fonte de material para discussões e reflexão. Deve-se levar em conta que como um site de divulgação científica, escrito habitualmente por não especialistas, é preciso pesquisar a procedência e a credibilidade das informações, porém como fonte de temáticas gerais, abarca uma variedade de assuntos que podem ser explorados:*

<http://hypescience.com/?s=evolução>

A educação formal tem por objetivo a introdução dos sujeitos no universo de ideias construídas ao longo do tempo nas mais diversas áreas, afim de permitir uma cidadania informada capaz de tomar decisões fundamentadas e de compreender a dinâmica do meio e da sociedade em que vivem.

Na educação científica essas ideias dizem respeito ao mundo natural e ao conhecimento gerado pelos pensadores da ciência para explicar tal mundo. Para Morgante (2002), um dos mecanismos para enfrentar os desafios do futuro tem sua base na compreensão do mundo pela educação. No que diz respeito ao ensino de evolução biológica pontua que deve-se investir na formação dos professores e os cursos e materiais com este objetivo “devem enfatizar o processo de investigação científica e o pensamento crítico, o progresso feito neste campo em relação a conceitos e informações e a relevância da Evolução para a vida humana e as necessidades da sociedade” (MORGANTE,2002).

Este módulo tem como objetivo partir destas premissas e juntamente com o que foi apresentado nos módulos anteriores propor maneiras de trabalharmos o conhecimento científico sobre a evolução biológica em contextos educacionais.

Como Planejar

O primeiro momento do processo de ensino sobre evolução biológica pode funcionar como uma introdução na dinâmica da atividade científica uma vez que é a partir da observação da vida que se inicia a construção da ideia evolutiva, mostrando como ao longo do tempo existiu espaço para diversas explicações sobre o mundo vivo e como foi proposta, aceita e reformulada a teoria que conhecemos hoje.

Em seguida sugerimos o estudo da unidade e diversidade da vida e a relação do tempo geológico e a evolução afim de contemplar duas grandes evidências e exemplificar os mecanismos da evolução.

Durante a generalização do conteúdo, ou seja, no momento de desdobrar o que foi estudado para além do contexto científico, buscamos apontar o alcance e as implicações do conhecimento sobre a evolução na sociedade e propor questões para reflexão.

Sugestão de Atividades

- Observando a biodiversidade

Com o objetivo de aproximar os sujeitos da biodiversidade o professor pode utilizar diversas temáticas que servirão para problematizar a diversidade biológica. Ressaltamos que o foco seja as relações entre o habitat, modos de vida e a morfologia uma vez que a diversidade que observamos resulta da interação dinâmica da vida e do meio que ela se insere. Para que os estudantes percebam estas relações como causadoras da diversidade, sugerimos a escolha de um grupo de seres vivos, de preferência que possua uma estreita relação com a cultura e a comunidade em que se insere. O professor pode escolher um único grupo de seres vivos, por exemplo de aves, e trabalhar as diferenças entre espécies e suas adaptações ou diferentes grupos, como aves e répteis, trabalhando de forma mais geral, o que os caracteriza.

Primeiramente, a observação deve ocorrer da forma mais conveniente, sendo possível realiza-las em aulas de campo ou em sala de aula com recursos multimídia ou imagens tendo o professor a responsabilidade de fornecer o maior número possível de fontes de pesquisa. Com o objetivo de problematizar a diversidade, o professor deve orientar os alunos com questionamentos como “você percebem alguma relação entre a forma do corpo e a alimentação?”, “e com o habitat em que vivem?”, “quais as semelhanças e diferenças entre os grupos?”, “como você explicam essas observações?”.

Tais questionamentos que devem orientar este primeiro momento servirão tanto para os sujeitos serem introduzidos na temática da evolução por meio da prática de observação como para os professores analisarem as concepções que estes trazem sobre o tema. É o momento em que o professor pode introduzir noções históricas da ideia de evolução assim como da natureza científica mostrando como em outros tempos a ciência explicava a diversidade com noções fixistas e como gradualmente passaram a noções evolucionistas.

- Unidade e diversidade da vida – Tempo geológico e evolução da vida

Ao analisarmos a composição química dos organismos vivos, assim como seus processos metabólicos e hereditários percebemos certos padrões e nos damos conta que apesar da inúmera variedade viva que conhecemos, existe uma singularidade que caracteriza

estes seres, uma unidade que abrange todas as formas de vida. A reflexão sobre essa unidade é primordial na evolução uma vez que sua premissa básica é a ancestralidade comum.

Trabalhar com a representação de árvores filogenéticas dos grandes grupos onde novas propriedades estabelecem nova classificação pode auxiliar o sujeito a perceber a diferenciação dos grupos assim como da evolução e manutenção de características. É possível discutir aspectos de anatomia, embriologia e genética comparada, convergências, órgãos vestigiais e o estudo fóssil como forma de ressaltar a unidade da vida. A evolução de processos primordiais assim como dos grupos de seres vivos também pode ser trabalhada na perspectiva de unidade ao longo do tempo no desenvolvimento de um planeta propício a vida como conhecemos e sua consequente diversificação de acordo com a seleção natural a deriva genética e outros processos evolutivos.

O planeta como conhecemos hoje passou por inúmeras mudanças decorrentes de processos de formação geológica e composição atmosférica que permitiram o surgimento da vida e sua posterior evolução em interação com estes sistemas. Observar como a vida evolui, se extingue e se distribui de acordo com os períodos geológicos permite analisar a dinâmica dos seres vivos em sua relação com os ambientes, assim como as teorias de classificação e evolução dos grupos de organismos vivos. Sugerimos a elaboração de seminários e apresentações que exponham como as principais mudanças físicas na Terra estão relacionadas com os principais eventos na história da vida e trabalhem com o aspecto visual do conteúdo, uma vez que a dimensão temporal por ser tão abstrata para nós e necessária a evolução, necessita do máximo de recursos visuais, dispostos de maneira a facilitar a apreensão por parte dos sujeitos.

É de extrema importância que o sujeito seja capaz de perceber, por exemplo, a estreita relação entre a atividade fotossintética de seres procarióticos e a formação da atmosfera primordial devido ao acúmulo de Oxigênio e a formação da camada de ozônio neste processo que permitiu a evolução da vida nas diversas formas que hoje conhecemos entendendo que nem os seres e nem o meio são passivos, se influenciando mutuamente em um processo ativo de coevolução que levou a evolução de células nucleadas, a multicelularidade e a grande diversificação que conhecemos.

- Questões para reflexão

A perspectiva crítica do conhecimento científico deve ser trabalhada ao longo do tratamento de todos os conteúdos, biológicos ou não, para que os objetivos de uma educação

que se preocupa com a sociedade sejam alcançados de modo que sujeito seja capaz de analisar a informação que recebe de acordo com seu contexto de produção e consequentes implicações.

O conhecimento construído ao longo do tempo sobre a evolução biológica permitiu avanços na sociedade no que diz respeito a compreensão da natureza e as implicações deste conhecimento nas mais diversas áreas como a ciência, a filosofia, a medicina e a agricultura.

O professor pode trazer essa discussão para o contexto educacional trabalhando textos de divulgação científica que exploram de diversas maneiras esses avanços e suas consequências.

Sugerimos como temas de pesquisa:

- A evolução da espécie humana ressaltando o aspecto temporal que esta ocupa na evolução da vida e como a humanidade em seu curto espaço de existência vem sendo responsável por grandes transformações negativas na vida terrestre. (Extinção em massa, Homem como agente seletor e os rumos possíveis da evolução)
- Implicações na sociedade:

A explicação evolutiva de comportamentos variados:

- Compreensão de doenças genéticas e as causadas por microrganismos;
- Resistência bacteriana aos antibióticos;
- Funcionamento de doenças como a AIDS;
- Seleção artificial na agricultura e domesticação de animais;
- Resistência de “pragas” na agricultura aos inseticidas;
- Comportamento sexual em diversos animais;
- Estudos evolutivos como fonte de conhecimento para conservação ambiental.

Orientações sobre como articular conteúdos biológicos em uma perspectiva evolutiva

Trabalhamos neste guia com uma perspectiva histórica e um olhar complexo das ciências biológicas enquanto área de conhecimento. Entendemos que o tratamento pontual da evolução não permite a construção efetiva de conceitos biológicos uma vez que ela consiste no eixo integrador dessa ciência, abarcando o conjunto de conceitos que permite interpretar a história da vida, objeto primeiro da biologia.

O ensino da evolução biológica restrito ao ano final do ensino médio, como habitualmente vemos na educação básica é reflexo de uma visão fragmentada da biologia que se perpetua no contexto educacional. Dessa forma os conteúdos são apresentados sem conexão entre si e a ciência que lhes deu origem, deixando a impressão de conhecimento pronto e acabado que é repassado na forma de transmissão para os alunos. Como colocam Motokane e Navarro (2009), El Hani e Meyer (2005) e Dias e Piolli (2004) algumas dificuldades por trás deste quadro dizem respeito à falta de material didático baseado na perspectiva evolutiva e a insuficiente formação do professor quanto à reflexão da biologia enquanto ciência e a natureza do conhecimento científico

Segundo Motokane e Navarro(2009) os livros didáticos apresentam usualmente uma sequência que abrange áreas como a origem da vida, biologia celular, histologia, genética, reprodução e embriologia, estudo dos seres vivos, evolução e ecologia. Como o livro didático é referência para grande parte dos professores, estes acabam reproduzindo esta sequência, dividindo a biologia em partes que muitas vezes, pela organização que se atribui, não refletem as conexões que existem entre elas e dificultam a formação de uma visão unificadora da biologia.

Acreditamos que para suprir estas dificuldades é preciso fortalecer a discussão sobre a formação e autonomia dos profissionais da educação e a elaboração do currículo escolar. Para que o professor seja capaz de perceber problemas ou pensar alternativas sobre a disposição dos conteúdos ele deve ter fundamentação teórica sobre a natureza da ciência biológica e como ela gera o conhecimento sobre seu objeto de estudo para que desse modo ele consiga ser autônomo em suas decisões de como organizar o planejamento e os processos de aprendizagem.

O objetivo desta sessão , assim como o de todo o guia, não é disponibilizar receitas de como trabalhar em sala de aula, mas sim, orientar os colegas com uma reflexão sobre a disposição e o tratamento dos conteúdos de forma alternativa e mais coerente com a ciência biológica que tem como eixo central a perspectiva evolutiva.

Perspectiva única, comparada e histórica.

É importante que o professor veja a biologia sob uma perspectiva única, comparada e histórica. Emerge destes olhares uma forma diferente de tratar os conteúdos. Áreas que outrora se encontravam estanques e isoladas ganham agora uma visão dinâmica, unificadora e contextualizada. A unidade da vida, o ser humano como parte da natureza, as dimensões temporais da história da vida e a importância das relações entre espécies e ambientes, são ideias básicas da evolução que devem permear todo o ensino de biologia, desde os níveis fundamentais.

O professor pode adequar essa perspectiva e integrá-la no seu planejamento trabalhando com a forma habitual de organizar os conteúdos. Propomos, no entanto, uma organização baseada na história evolutiva da vida.

Biodiversidade – currículo baseado no estudo da biodiversidade sob uma perspectiva evolutiva

Inicialmente, uma abordagem voltada para discussões sobre a origem do universo, do planeta terra e o surgimento da vida como auto-organização de matéria universal, incorporando nestes assuntos elementos da filosofia da ciência, ressaltando de onde vêm as ideias científicas, suas possibilidades e limitações, pode promover uma visão coerente sobre o estudo da vida. Uma maneira de incorporar essa visão é começar os debates com estudos dirigidos e seminários sobre diferentes formas de explicar a origem do universo e da vida, de forma a contemplar diversos olhares incluindo os olhares da ciência em diferentes tempos e contextos. Compreender a ciência como caminho específico de explicação requer que se entenda a diversidade de caminhos explicativos para perceber que a metodologia científica é baseada em diretrizes próprias. A partir desse primeiro momento é possível trabalhar a biologia celular, o estudo das bactérias e conceitos de genética, como material genético e hereditariedade, sob uma perspectiva evolutiva.

A demonstração dos primeiros seres vivos caracterizados pelo tipo celular procariótico, a terra do éon arqueano, dominada por essa forma de vida assim como suas características, funcionalidade e inovações como a fotossíntese e a reprodução sexuada são conceitos fundamentais na biologia e devem ser relacionados ao ambiente, em uma visão de coevolução, como a relação da formação atmosférica atual a partir da ação do metabolismo dos primeiros seres vivos. A teoria do surgimento de células eucarióticas resultando de

interação de células bacterianas pré-existentes abre discussão para a unidade da vida, o papel das relações de cooperação, o estudo dos protistas e a importância deste novo tipo celular no surgimento dos outros 3 reinos da vida: animais, fungos e plantas. Dessa forma, construir-se-ia a base para o posterior estudo da biodiversidade.

O estudo dos animais, plantas e fungos deve seguir a perspectiva evolutiva e ressaltar o que os caracteriza e diferencia das outras formas de vida. Nos animais aspectos da reprodução à partir de óvulos e espermatozoides, assim como o desenvolvimento embrionário que confere identidade às espécies e a crescente especialização celular na busca de alimentos e reprodução que resultam na grande diversidade de formas e comportamentos que vemos hoje, devem permear seu ensino. Pode-se incorporar a estas discussões o estudo filogenético dos filos animais de modo comparativo para que os alunos percebam a evolução de sistemas fisiológicos. O estudo dos fungos e plantas deve ressaltar o caráter cooperativo entre estes dois reinos. A relação dos fungos com a formação do solo e no controle dos dejetos da biosfera, sua digestão extracorpórea e a não formação dos embriões são conceitos básicos no estudo deste grupo de seres vivos. As plantas, como fornecedoras de energia da qual dependemos no processo de síntese química a partir da luz podem também ser trabalhadas em perspectiva evolutiva e comparativa de crescente complexidade dos sistemas e estrutura, desde as briófitas e sua ausência de vasos condutores, passando pelas pteridófitas e as estruturas condutoras, o surgimento de sementes e as gimnospermas, e das flores e frutos nas angiospermas.

Durante o estudo dos reinos, suas características e história, conceitos evolutivos como adaptação, seleção natural, deriva genética, filogenia e pensamento populacional devem permear os estudos assim como a perspectiva temporal e a interdependência entre as espécies e os diferentes ambientes.

Pretende-se com essas orientações, fundamentar um planejamento voltado à compreensão da vida como fenômeno único e complexo, como ressalta Oliveira (1995) o ensino de biologia sob uma perspectiva evolutiva permite analisar e interpretar os múltiplos cenários que têm composto a história da vida na Terra, perpassando todos os tipos de fenômenos envolvidos na origem e na extinção das diferentes formas de vida, desde seu início há alguns bilhões de anos atrás até os dias atuais.

Vale a pena ver também...

- *DA SILVA, Caio Samuel Franciscati; LAVAGNINI, Taís Carmona; DE OLIVEIRA, Rosemary Rodrigues. PROPOSTA DE UMA ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NO ENSINO MÉDIO PROPOSAL OF A DIDACTIC STRATEGY FOR THE TEACHING OF BIOLOGICAL EVOLUTION IN THE HIGH SCHOOL. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/555.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2014.*
- *MARGULIS, Lynn; SAGAN, Dorion. Microcosmos: quatro bilhões de anos de evolução microbiana. Lisboa: Edições, v. 70, 1990.*
- *MARGULIS, Lynn; SAGAN, Dorion. O que é vida? Zahar, 2002*
- *MEYER Diogo; EL-HANI Charbel Niño. Evolução: O SENTIDO DA BIOLOGIA. Unesp, 2005.*
- *SEPÚLVEDA, Claudia; EL-HANI, Charbel Niño; REIS, Vanessa Perpétua Garcia Santana. ANÁLISE DE UMA SEQÜÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO SOB UMA PERSPECTIVA SÓCIO-HISTÓRICA ANALYSIS OF TEACHING-LEARNING SEQUENCE FOR EVOLUTION TEACHING FROM A SOCIOHISTORICAL APPROACH. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/747.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2014.*
- *Filme “The man from Earth” Traz a história de um Cro Magnom() que sobreviveu ao longo de mil anos. O homem pré histórico, que hoje se parece com um Homo Sapiens comum, relata as transformações geológicas e sua relação com a evolução humana.*
- *Reinaldo José LOPES, Reinaldo José: ALÉM DE DARWIN, Editora Globo, 2009.*
- *Compartilhamos uma pasta no aplicativo Dropbox com sugestões de leituras e material de referência para elaboração de aulas:*

<https://www.dropbox.com/sh/you3xzd7za1yqwd/AADZemlpyvR5qwixaqYynUUAa?dl=0>

REFERÊNCIAS:

‘ *Obstáculos à compreensão do pensamento evolutivo: análise em livros didáticos de biologia do ensino médio*. Porto Alegre, 2012. 77f. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

CACHAPUZ, Antonio et al (organizadores). *A necessária renovação do ensino das ciências*. 2. ed. – São Paulo: Cortez, 2011.

CARROLL, Sean B. *Infinitas formas de grande beleza: como a evolução forjou a grande quantidade de criaturas que habitam o nosso planeta*. Zahar, 2006.

COSTA, Leandro de Oliveira; MELO, Paula Leite da Cunha; TEIXEIRA, Flávio Martins. *Reflexões acerca das diferentes visões de alunos do ensino médio sobre a origem da diversidade biológica*. *Ciência & Educação* (BAURU), V. 17, N. 1, P. 115–128, 2011.

FUTUYMA, Douglas. J. *Biologia Evolutiva: Sociedade Brasileira de Genética*. Biologia Evolutiva: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

FUTUYMA, Douglas J. (Ed.). *Evolução, ciência e sociedade*. Sociedade Brasileira de Genética, São Paulo 2002

MARGULIS, Lynn; SAGAN, Dorion. *O que é vida?* Zahar, Rio de Janeiro, 2002

MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Ed. UnB, 1998.

MAYR, Ernst. *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo*. Editora Companhia das Letras, São Paulo, 2008.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. *História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de Biologia*. *CAMPUS DE BAURU*, 2004. 272F. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2004

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. *EVOLUÇÃO: O SENTIDO DA BIOLOGIA*. Unesp, São Paulo 2005.

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. UFMG, Belo Horizonte, 2000.

OLIVEIRA, D. L. *EVOLUÇÃO: UM FIO CONDUTOR PARA OS CONHECIMENTOS BIOLÓGICOS*. In: *1º Ciclo de Debates sobre o ensino de Biologia na UFSC*. Florianópolis: 1995.

PIOLLI, A.; DIAS, S. *ESCOLAS NÃO DÃO DESTAQUE À EVOLUÇÃO BIOLÓGICA*. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Número 56, Campinas, 10 jul. 2004.

PRAIA, JOÃO; GIL-PÉREZ, DANIEL; VILCHES, AMPARO. *O PAPEL DA NATUREZA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO PARA A CIDADANIA* *CIÊNCIA & EDUCAÇÃO* (BAURU), v. 13, N. 2, p. 141–156, 2007.

ROMA NAVARRO, V. & MOTOKANE, M. *EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO*. Enseñanza de las ciencias 3014–3018 (2009). at <http://ddd.uab.cat/record/131064>

