



**PROFa. CLARICE SUMI KAWASAKI:** formada em Ciências Biológicas e mestre e doutora em Educação, na área de Ensino de Biologia e de Ciências. É docente do Depto. de Psicologia e Educação da FFCLRP/USP e responsável pelas disciplinas de Metodologia e Prática de Ensino de Biologia e de Ciências e Educação Ambiental. Está credenciada ao Programa de PG em Educação pela FEUSP. Coordena o Laife – Laboratório Interdisciplinar de Formação do Educador da FFCLRP, desenvolvendo projetos de ensino, pesquisa e extensão na área de ensino de ciências.

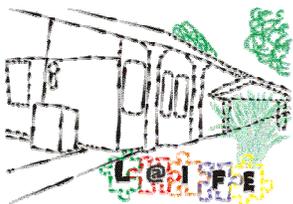


**PROF. MAURÍCIO DOS SANTOS MATOS:** formado em Química e mestre e doutor em Físico-Química pela Universidade de São Paulo e pela Katholieke Universiteit Leuven -Bélgica. Foi professor de Química em escolas públicas e privadas da cidade de Londrina –PR e em escolas rurais em Guaravera-PR. É docente do Depto. de Psicologia e Educação da FFCLRP/USP e responsável pelas disciplinas de Prática de Ensino de Química, Educação Ambiental e Metodologia de Ensino em Química e em Ciências I e II. Orienta no Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Química e Física pela USP- SP. É um dos coordenadores do LAIFE e coordenador geral dos cursos da Teia do Saber na USP-RP.

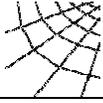
#### **MSC. ADOLFO RICARDO CALOR**

Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências, área de concentração Entomologia pelo Programa de Pós-graduação em Entomologia da mesma instituição e doutorando do referido programa. Foi professor voluntário do curso pré-vestibular do Centro Acadêmico Flaviana Condeixa Favaretto da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, USP.

**Monitor:** Guilherme Abbad Silveira. Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade de Brasília. Mestrando em Ciências, área de concentração Entomologia pelo Programa de Pós-graduação em Entomologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.



O Laboratório Interdisciplinar de Formação do Educador (**LAIFE**) é um laboratório de ensino, extensão e pesquisa em ensino de ciências pertencente ao Departamento de Psicologia e Educação da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto (DPE/FFCLRP-USP). As atividades de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidas estão relacionadas à formação inicial e continuada de professores, atendendo principalmente às Licenciaturas em Biologia, Química, Psicologia e Pedagogia da FFCLRP.



**TEIA DO SABER 2005**

**Metodologia de Ensino de Disciplinas da Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas  
Tecnologias do Ensino Médio: Física, Química e Biologia (Tema de Continuidade)**

---

## **PARTE 1**



## SUMÁRIO

<b>Objetivos da oficina</b> .....	01
<b>Plano de Aula teórico-expositiva</b> .....	02
<b>Material didático</b> .....	04
1. Biologia, uma ciência histórica.....	04
2. Ensino de Evolução.....	06
2.1. Sugestão de exercício: Trabalhando com árvores filogenéticas.....	08
3. Conceito de biodiversidade.....	11
4. Origem da biodiversidade: os processos evolutivos.....	11
4.1. Seleção natural.....	11
4.2. Deriva genética.....	13
4.3. Efeito fundador.....	14
4.4. Fluxo gênico.....	14
5. Substrato da evolução orgânica, a variabilidade genotípica.....	14
5.1. Mutações.....	15
5.2. Recombinação.....	16
6. Aula de evolução, um olhar prático.....	17
7. Síntese da aula teórico-expositiva.....	18
8. Referências .....	19
<b>Proposta de aula-prática: Seleção natural e mimetismo</b> .....	20



---

**OBJETIVOS DA OFICINA:** Biodiversidade, Ecologia e Meio Ambiente

Este material de apoio do Programa Teia do Saber abrange o tema 1 do Curso de Iniciação.

Nele você encontrará o Material Didático com o conteúdo que será abordado por meio de exposição teórica e aula prática, além de proposta de uma atividade de sala de aula relacionada ao tema e sugerida pelo docente que está desenvolvendo este módulo.

O material acompanha um texto para leitura e discussão (“Girafas, mariposas e anacronismos didáticos”) do tema explorado e suas implicações pedagógicas. Segue ao final, a bibliografia básica consultada pelo docente.



## PLANO DE AULA

**Aula:** Biodiversidade, uma abordagem evolutiva.

**Público alvo:** Professores do Ensino Médio, participantes do Programa Teia do Saber.

**Objetivos:** Apresentar e discutir os conceitos centrais de Biologia Evolutiva buscando a compreensão do processo de diversificação e filogênese dos organismos vivos. Além de propor a abordagem evolutiva como princípio organizador dos conteúdos de biologia.

**Conteúdo:** Conceitos de biodiversidade; aspectos históricos e estrutura conceitual da teoria da evolução; relação evolução e estudos de biodiversidade.

### Metodologia:

Aula teórico-expositiva por meio de discussão e apresentação de slides.

Auxílio de material didático impresso (apostila) e digital (cd e página na internet).

Leitura e discussão do texto 'Girafas, mariposas e anacronismos didáticos', seguindo roteiro previamente estabelecido.

Apresentação de proposta de aula prática para aplicação na unidade escolar dos professores, seguida de discussão do roteiro e aspectos didáticos envolvidos.

Avaliação.

### Cronograma:

Aula expositiva com discussão: 1h.

Leitura e discussão do texto 'Girafas, mariposas e anacronismos didáticos': 30min.

Apresentação de proposta de aula prática: 20min.

Avaliação: 10min.

### Bibliografia básica:

FUTUYMA, D.J. 1997. *Biologia Evolutiva*. 2a. Edição, Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP. 631pp.



FUTUYMA, D.J. (Org.) 2002. ***Evolução, Ciência e Sociedade***. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP. 46pp. (disponível em: [www.sbg.org.br](http://www.sbg.org.br))

**Bibliografia complementar:**

CALOR, A.R. & Santos, C.M.D. 2004. Filosofia e ensino de Ciências: uma convergência necessária. ***Ciência Hoje***, 210: 59-61.

DARWIN, C. 1859. *On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, London.

DOBZHANSKY, T. 1973. ***Genética do processo evolutivo***. Tradução Celso Abbade Mourão. Polígono e Edusp. São Paulo. 453 pp.

FUTUYMA, D.J. 1997. ***Biologia Evolutiva***. 2a. Edição, Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP. 631 pp.

GOULD, S.J. 2002. ***The Structure of Evolutionary Theory***. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge. MA.

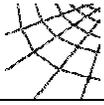
HENNIG, W. 1966. ***Phylogenetic Systematics***. University of Illinois Press, Urbana.

Hull, D. 1988. ***Science as a Process***. Chicago: University of Chicago Press.

MAYR, E. 1970. ***Populations, Species, and Evolution - An abridgment of Animal Species and Evolution***. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 453pp.

MAYR, E. 1982. ***The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance***. Harvard University Press, Cambridge, MA. 974 pp.

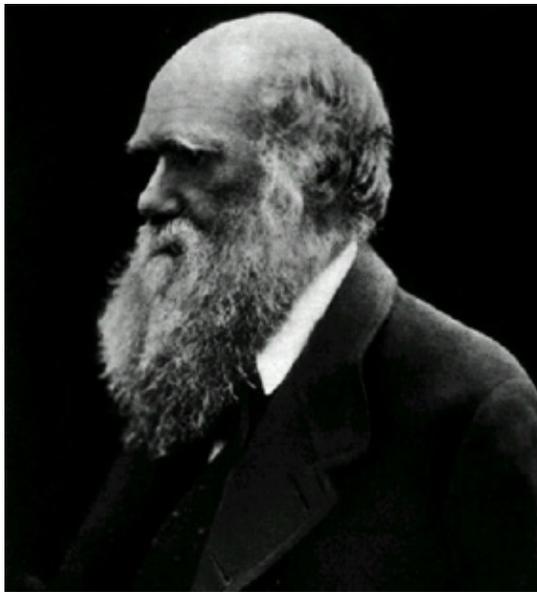
MAYR, E. 2000. Darwin's Influence on Modern Thought. ***Scientific American***, 283 (1): 67-71.



## MATERIAL DIDÁTICO

### 1. Biologia, uma disciplina histórica.

A idéia de que todos os organismos do planeta estão conectados em algum nível hierárquico, uma vez que todos eles derivam de um ancestral comum (Darwin, 1859; Wallace, 1858), afetou profundamente o desenvolvimento da biologia a partir do século XIX. Após os trabalhos dos naturalistas ingleses Alfred Wallace (1823-1913) e Charles Darwin (1809-1882), e especialmente depois da fusão com as novas idéias da biologia molecular e da paleontologia no início do século XX, a teoria da evolução transformou-se no paradigma central da biologia, influenciando ainda outras áreas do conhecimento humano (Santos & Calor, submetido).



*Alfred R. Wallace*

**Figura 1.** Charles R. Darwin (1809-1882) e Alfred R. Wallace (1823-1913), os precursores da teoria evolutiva baseada em seleção natural.

Até a ascensão do paradigma evolutivo, os grupos taxonômicos foram tratados como unidades tipológicas, essências, sendo escassas as hipóteses pré-evolutivas que advogavam na mudança das espécies ao longo do tempo. Nos termos de uma ciência



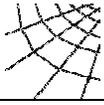
kuhniana, Jean-Baptiste Lamarck, em sua *Philosophie zoologique* (1809), foi o primeiro naturalista a defender geração espontânea para origem das espécies e que estas evoluíam através de seqüências de passos. Apesar das hipóteses evolutivas de Lamarck hoje serem falseadas, ele considerou o vetor tempo como um importante fator na origem e diversificação das espécies, quebrando dois milênios de fixismo nas ciências naturais (Mayr, 1982).



**Figura 2.** Jean B. Lamarck (1744-1829), o evolucionista francês, lembrado quase sempre pelas girafas que ‘alongavam’ seus pescoços em busca de alimento, os transferindo para a prole.

As idéias lamarckianas foram praticamente esquecidas até o surgimento das idéias de Darwin e Wallace com a proposta da seleção natural como mecanismo explanatório da origem e variação das espécies ao longo do tempo. Nessa nova visão de mundo, as ciências biológicas foram inseridas num contexto histórico (vetor tempo), onde todos os organismos do planeta têm um ancestral comum e a diversidade das espécies resulta de um processo contínuo de descendência com modificação.

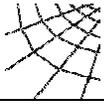
Poucas décadas após a publicação do clássico *Origin of Species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life* (Darwin, 1859), surge uma enorme quantidade de questões e incompreensões a acerca da teoria. Apenas após as décadas de 20 e 30, paleontólogos, geneticistas e sistematas combinaram as novidades de suas disciplinas –novos registros fósseis, informação



genética e molecular, conceitos de macroevolução e microevolução– à teoria proposta por Darwin/Wallace, no que ficou conhecida como a Teoria Sintética da Evolução ou Nova Síntese (Mayr, 1982; Hull, 1988). Este consenso deve ser entendido mais como uma assembléia na qual foi concebida uma linguagem comum entre os diferentes campos, somado a um esclarecimento de muitos aspectos da evolução e de seus conceitos básicos, do que um novo arcabouço teórico. A estrutura teórica da biologia se torna mais concisa, mais robusta, em torno do paradigma evolutivo.

## 2. Ensino de Evolução

Desde a Teoria Sintética da Evolução, é propagado o uso da teoria da evolução como um princípio unificador da biologia (Alles, 2001; Dobzhansky, 1973; Futuyma, 1999; Gould, 2002; Mayr, 1982, 2000; Olander *et al.*, 2001) e, como corolário, um critério organizador do ensino de biologia (Alles, 2001; Olander *et al.*, 2001; Santos & Calor, submetido; Tidon & Lewontin, 2004). Entretanto, a abordagem tradicional nas escolas brasileiras de nível médio muitas vezes não trata os temas evolutivos adequadamente, especialmente quando compartimentaliza o ensino de biologia, restringindo os conteúdos evolutivos à uma limitada visão histórica. A falta de cuidado na exposição da teoria acaba por se refletir em aprendizado deficiente e em problemas conceituais sobre evolução e assuntos correlatos. Algumas das maiores dificuldades dos professores e dos alunos relacionam-se à (1) assimilação da dimensão temporal das mudanças evolutivas, (2) reconhecimento da importância do pensamento populacional (3) impossibilidade de se descobrir os verdadeiros grupos ancestrais dos organismos, (4) idéia de progresso na evolução e (5) as relações genealógicas entre o homem e os demais animais. Essa lista converge com falsas concepções divulgadas pelo senso-comum, notadamente a mídia e



os comentaristas não-especializados, as quais ecoam no ensino de biologia, dando origem a um ciclo sem fim de más interpretações (Calor & Santos, submetido).

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio sugerem que os conteúdos das aulas de biologia sejam tratados como tópicos trans-disciplinares fundamentados em explicações ecológicas e evolutivas (PCN, 2002). É clara a necessidade de se apresentar as disciplinas científicas em um contexto histórico-filosófico, possibilitando aos estudantes um primeiro contato com as particularidades da produção científica.

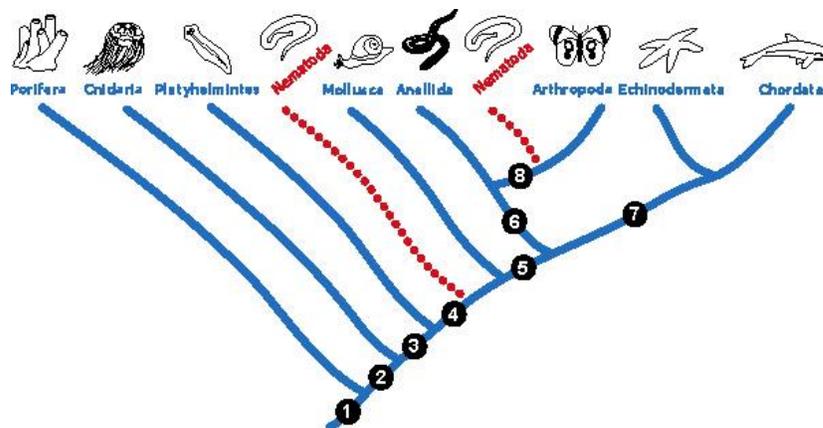
Nestes termos, o ensino de evolução está em total acordo com os PCNs, visto que uma abordagem evolutiva no ensino de biologia permite a visão trans-disciplinar ao ligar todos os ramos da biologia por meio de uma filogenia da vida. Todas as modificações fisiológicas, características morfológicas, invasão de um novo hábitat, enfim todos os conteúdos biológicos podem ser compreendidos como consequência da evolução orgânica e estarem organizados segundo a lógica da filogenia dos seres vivos. Além, é claro, de possibilitar uma visão sócio-filosófica de um período histórico quando o conteúdo versa sobre o surgimento das idéias evolutivas, como e quais eram os costumes da Europa, quais as contribuições dos naturalistas que moravam no Brasil, a quem pertencia o domínio filosófico da época, entre outros temas.

Assim, ao trazer para a sala de aula o processo de construção dos princípios evolutivos, os problemas e questionamentos levantados e, principalmente, os erros cometidos e suas implicações, o professor de biologia pode inserir os alunos como agentes da prática científica, visto que eles são seres vivos sujeitos às pressões evolutivas e passíveis de exercer essa pressão sobre outros organismos (Calor & Santos, 2004).



## 2.1. Sugestão de exercício: Trabalhando com as árvores filogenéticas.

Esse trecho, extraído de Santos & Calor (submetido), apresenta uma proposta de aula de evolução e biodiversidade, utilizando um cladograma (diagrama representativo das relações de parentesco entre seres vivos) com os principais grupos de organismos do planeta. A figura e o texto, contidos neste tópico, buscam fornecer ferramentas para a discussão e resolução de alguns dos problemas enfrentados no ensino de evolução. Caso encontre dificuldade com os conceitos de sistemática filogenética empregados aqui, leia o Box: Willi Hennig e a sistemática filogenética (abaixo). Para cada nó do cladograma, existem sinapomorfias (caracteres que surgiram no ancestral e, conseqüentemente, presentes nos grupos de um dado ramo filogenético) que sustentam a hipótese de monofilia dos grupos (chama-se um grupo de monofilético, quando este contém o ancestral comum e todos os seus descendentes). Um cladograma como esse permite a visualização de uma grande diversidade biológica sob um prisma evolutivo, uma vez que as características de cada grupo são apresentadas como modificações que aconteceram durante a evolução biológica.



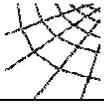
**Figura 3.** Filogenia de Metazoa. As sinapomorfias (círculos numerados) que suportam os clados propostos no cladograma são: 1- Multicelularidade (presença de colágeno), 2- Gastroderme, 3- Bilateralidade e cefalização, 4- Triploblastia e tubo digestório completo, 5- Metamerização, 6- Apêndices articulados, 7- Deuterostomia e endoesqueleto calcárico, 8- Hormônios promotores de ecdise e  $\alpha$ -quitina.



Pode-se ainda trabalhar aspectos como a transitoriedade das hipóteses científicas por meio da inserção de grupos em mais de um ponto do cladograma, mostrando a falibilidade das hipóteses. Nematoda pode ser posicionado tanto próximo aos platelmintos e moluscos pela ausência de complexidade na estrutura corporal, como pode ser colocado mais proximamente relacionado aos artrópodes, no grupo Ecdysozoa, pela presença de anexos quitinosos ( $\alpha$ -quitina) e hormônios promotores de ecdise ou muda.

**Box: Willi Hennig e a sistemática filogenética:**

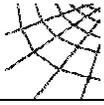
O entomólogo alemão Willi Hennig (1913-1976) foi o primeiro a propor um método para se estabelecer as relações de parentesco entre os seres vivos que de fato implementasse as teses evolucionistas sugeridas por Darwin e Wallace. Para eles, os organismos relacionavam-se genealogicamente uns com os outros devido à descendência com modificação ligada a ancestralidade comum. Com esta estrutura conceitual, Hennig (1965) reconhece que apenas grupos monofiléticos devem ser usados em classificações. Estes agrupamentos não são meros conjuntos de táxons, mas sim um grupo resultante do processo evolutivo.



**Figura 4.** Willi Hennig (1913-1976), o entomólogo que propôs o método que inseriu os princípios evolutivos na sistemática biológica.

Segundo Hennig (1965), as relações evolutivas entre os organismos são de fato relações genealógicas de grupos-irmãos (quando dois táxons são mais próximos entre si em relação a um terceiro). Assim, o objetivo da sistemática filogenética é o de redescobrir a história evolutiva dos táxons por meio do estabelecimento de grupos-irmãos e expressá-los em cladogramas. Para se chegar à essas hipóteses de parentesco, são feitas análises entre os organismos considerados a partir de características derivadas presentes nos dois grupos-irmãos mas ausentes em um terceiro. Essas características exclusivas de um grupo são denominadas sinapomorfias.

Grupos reconhecidos com base em sinapomorfias são chamados de “grupos naturais” ou monofiléticos. Os grupos monofiléticos contêm os ancestrais comuns e todos os seus descendentes. Uma proposição fundamentada em um grupo monofilético torna implícita a origem evolutiva comum entre os organismos considerados e o conseqüente compartilhamento de características surgidas no ancestral e modificadas com o passar do tempo (Santos & Calor, submetido).



### 3. Conceito de biodiversidade.

"**Diversidade biológica**" significa a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas. (Artigo 2 da Convenção sobre Diversidade Biológica). A Convenção Sobre Diversidade Biológica (Decreto Nº 2.519, de 16 de Março de 1998 ) assinada por 175 países, dos quais 168 a ratificaram, incluindo o Brasil. O alcance da CDB vai da conservação e utilização sustentável da diversidade biológica ao acesso aos recursos genéticos, objetivando a repartição justa e equitativa dos benefícios gerados pelo seu uso, incluindo a biotecnologia (disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/cdbport.pdf>).

### 4. Origem da biodiversidade: os processos evolutivos.

Como visto acima, o paradigma dominante na biologia do século XXI é o resultante da fusão da teoria evolutiva de Darwin/Wallace com conceitos da genética, sistemática e paleontologia, o que chamamos de Teoria Sintética da Evolução. Assim, nos parágrafos seguintes, buscaremos expor os conceitos centrais dessa teoria, assim como a relação destes com a compreensão da diversidade biológica como a concebemos hoje.

#### 4.1. Seleção natural.

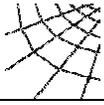
Após o estremecimento dos pilares do fixismo feitos por Lamarck, as idéias de Darwin/Wallace obtiveram êxito principalmente no que refere a um mecanismo capaz de explicar a origem das espécies e diversificação das mesmas. Com isso, tornou compulsória a ciência da classificação, assim como a todo pensamento biológico, uma abordagem preocupada com o vetor tempo.



Quando se trata de evolução orgânica, a mudança (variação) começa com o material genético fornecido por mutações casuais e recombinação. A seleção natural é o processo que age sobre a casualidade da material genético e seleciona as características, por hora, relacionadas a um maior valor adaptativo em relação às condições ambientais. Isto pode explicar as taxas diferenciais de sobrevivência de uma dada linhagem.

Em uma dada população, nascem mais indivíduos do que há recursos ambientais para mantê-los o que gera competição intra-específica, além da variação observada entre os indivíduos de qualquer população. Sendo assim, e dado que as populações naturais costumam apresentar estabilidade nos tamanhos populacionais, alguns indivíduos com certas características devem sobreviver mais tempo do que outros e deixarem mais descendentes. Em suma, seleção natural atua geralmente através da reprodução e sobrevivência diferenciais de indivíduos geneticamente diferentes dentro de uma população (Futuyma, 1997).

Podemos pensar nas diferenças encontradas entre qualquer população de organismos vivos. Por exemplo, nossa espécie apresenta organismos de variadas cores de pele, cores de olhos, altura, constituição de massa corporal, quantidade de pêlos etc. Assim, se em um dado momento da nossa história evolutiva uma ou outra característica das supracitadas dá uma maior vantagem a quem a possui, seja na obtenção de alimento, na criação da prole ou no encontro de parceiro sexual, e esta característica é herdável. Espera-se que com maiores vantagens, o grupo de indivíduos que tenha tal característica tenha mais filhos e estes cheguem a maturidade sexual em maior número por possuírem a referida característica, conseguindo transferi-la para a prole subsequente (dependendo da estratégia  $k$  ou  $r$ ). Neste contexto de seleção natural, espera-se um aumento do número de indivíduos portadores de características relacionadas a um maior sucesso adaptativo e declínio do número dos não-portadores. Desta forma, a seleção natural



promove uma variação da frequência gênica (características herdáveis) dentro de populações ao longo do tempo.

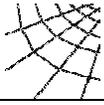
As variações genotípicas encontradas entre os indivíduos dentro de uma população, entre as populações, entre espécies ou grupos ainda maiores, são o substrato para a evolução orgânica. Mas esta afirmação os biólogos só puderam fazer após a redescoberta das leis mendelianas de herança dos caracteres e a elaboração do consenso pelos arquitetos da Teoria Sintética da Evolução. Contudo, até a época de Darwin e Wallace, pouco se sabia sobre a origem da variação e sua transmissão para a prole subsequente, o que de início deu certa fragilidade às explicações evolucionistas.

Mesmo carecendo de uma explicação da origem da variação (item 4), o darwinismo ofereceu uma hipótese de maquinaria eficiente para a mudança dos caracteres ao longo do tempo e, conseqüente, especiação. Formou-se ainda a conjectura de organização genealógica dos seres vivos, visto a possibilidade de ancestralidade comum e descendência com modificação.

#### 4.2. Deriva genética

Um outro fator promotor de variação em populações, a deriva genética, foi elucidado apenas após o amadurecimento da genética de populações.

Deriva genética pode ser entendida como a modificações nas frequências gênicas entre duas gerações de uma população devido a fatores do acaso (sem relação pressão ambiental e valor adaptativo do genótipo). Por exemplo, a amostragem não representativa de gametas, que contribuirão para a formação dos indivíduos da geração seguinte, não necessariamente manterá a frequência da geração anterior, em função do tamanho limitado da população.



### 4.3. Efeito fundador

O exemplo mais drástico e didático de Efeito fundador pode ser verificado quando uma fêmea grávida de uma espécie continental qualquer consegue colonizar uma ilha oceânica, tornando a população descendente representativa apenas da frequência gênica materna (e não da população original) e das mutações/recombinações posteriores a colonização. Como a oscilação na frequência é dependente da amostra inicial, quanto menor o tamanho da amostra maior a possibilidade desta possuir frequência gênica diferente da população original.

### 4.4. Fluxo gênico

A taxa de fluxo gênico  $m_{ij}$  de uma população  $j$  para a população  $i$  é a proporção de indivíduos que se reproduzem na população  $i$  que imigraram da população  $j$  naquela geração. Assim, eventos de migração ou fluxo gênico podem trazer novos alelos que haviam surgido nas populações de origem (imigração) bem como disseminar outros, ou até reduzir consideravelmente a ocorrência de um alelo de baixa frequência. Um conceito interessante atrelado ao fluxo gênico é o de população panmítica, esta é caracterizada quando a taxa  $m_{ij}$  é alta, próxima de 0,5, as '2 populações' são na verdade uma apenas (Futuyma, 1997).

## 5. Substrato da evolução orgânica, a variabilidade genotípica.

A descoberta, em 1900, das hipóteses de Gregor Mendel da herança particulada, aparentemente, deveriam ter reforçado as idéias evolutivas por enfraquecer a hipótese de herança por mistura (que fragilizava a idéia de seleção natural, visto que promovia homogeneização das populações) e mostrar que a recombinação entre locos gênicos pode ampliar a variação e novas variantes estáveis podem surgir por mutação. Ao



contrário, os primeiros intérpretes da genética mendeliana entendiam as espécies como entidades de variação morfológica discreta podendo surgir em poucos passos por mutações descontínuas, descartando a necessidade de explicações seletcionistas e gradualistas, os princípios darwinianos (Futuyma, 1997).

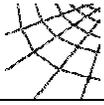
Com a Teoria Sintética da Evolução, as informações da genética apontaram para a não herdabilidade das características adquiridas, mostraram que a variação contínua tem a mesma base genética da variação descontínua, assegurando a segregação de numerosos genes particulados cada um com um pequeno efeito fenotípico. No campo da sistemática, o conceito de espécie mudou para populações variáveis que são isoladas reprodutivamente de outras populações e não tipos morfológicos. Estas são algumas das informações que formaram o núcleo rígido da teoria evolutiva.

### 5.1. Mutações

A hereditariedade e os mecanismos de reparo na replicação do material genético conservam a estabilidade aos sistemas biológicos, porém os erros nesse processo acontecem e produzem cópias alteradas de DNA (variação), sendo chamados de mutações.

Mutação, então, pode ser entendida como um erro de replicação no DNA, levando-se à formação de uma variante (ou o surgimento de um novo alelo). Esse processo é totalmente aleatório, não tendo direção ou finalidade e gera toda a diversidade sobre qual atuará a seleção natural. A compreensão do conceito de código genético degenerado é bastante significativa quando pensamos em mutações pontuais ocorrendo na terceira base do códon, podendo não ter reflexo fenotípico.

### 5.2. Recombinação



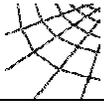
Ao ponto que surge na filogenia da vida, o processo de reprodução sexuada (união de gametas após meioses), aumenta a possibilidade de acréscimo da variabilidade por meio de recombinação gênica.

A recombinação gênica remete a discussão para a gametogênese e para a fecundação. Durante a gametogênese, a célula germinativa diplóide sofre meiose, produzindo quatro gametas (células haplóides que contêm um cromossomo de cada par de homólogos). Como os cromossomos segregam-se independentemente, há a possibilidade de surgimento de gametas com material genético diferente.

Há ainda outro evento que também promove o aumento de variabilidade genotípica, estamos falando de **crossing-over**. Este processo de troca entre fragmentos entre cromossomos homólogos aumenta a variabilidade genotípica uma vez que estabelece novas combinações entre os genes e aumenta o número de tipos diferentes de gametas. Por meio de recombinação genética, a variabilidade genética de uma dada população pode aumentar sem adição de genes novos, produzindo por mutação ou por imigração de indivíduos de outras populações.

Quando já pensamos em gametas formados, a etapa seguinte do ciclo de vida dos animais de reprodução sexuada é a fertilização (união dos gametas masculino e feminino). Esta pode ocorrer de duas formas: fecundação cruzada e autofecundação. Na primeira, ocorre união de gametas provenientes de indivíduos diferentes, enquanto na autofecundação, há fusão de gametas masculinos e femininos produzidos pelo mesmo indivíduo.

Populações de indivíduos que apresentam fecundação cruzada têm maiores possibilidades de aumentar a variabilidade genética, visto que a prole apresenta diferença de frequência de genes em relação aos pais.



Como vimos até então, a variabilidade genética é a base para evolução do grupo e de sua sobrevivência. Nesse sentido, organismos bissexuados desenvolveram, ao longo de sua história evolutiva, mecanismos que dificultam a autofecundação e favorecem a fecundação cruzada, possibilitando desse modo, aumento na variabilidade.

## 6. Aula de Evolução, um olhar prático.

Para reflexão, os resultados de um estágio de licenciatura, similar aos números obtidos por Santos (2001), estão dispostos abaixo. As respostas de alunos de um terceiro ano de Ensino Médio estão colocadas em categoria para facilitar a análise.

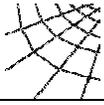
1. O que é Evolução? Dê um exemplo

<b>CATEGORIA</b>	<b>Nº DE RESPOSTAS</b>
Desenvolvimento/Crescimento	5
Processo	2
Melhora/Aprimoramento/Aperfeiçoamento	7
Transformação/Modificação	7
Adaptação	5
Reprodução	1

A maioria das respostas concentra-se em definições que não ultrapassam o período de uma ou duas gerações (tempo)

2. O que você já aprendeu sobre este assunto?

As respostas a esta questão revelaram em seu maior número: elevado grau de desconhecimento do assunto; visão teleológica (isso é para aquilo) com conceitos



interpretados erroneamente (“a evolução ocorre através da seleção natural, para a sobrevivência da espécie ocorre a evolução”); desconhecimento da co-autoria de Alfred Russel Wallace na teoria evolutiva (este fato pode ser resultado da estratégia dualista do material didático).

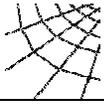
Destes resultados podemos concluir que as concepções da teoria evolutiva observadas carregam as distorções conceituais e simplificações das formulações teóricas apresentadas por materiais didáticos e, talvez, reforçadas pelos docentes. Há predominância do senso comum como: forte influência da visão antropocêntrica, que permeia as explicações religiosas e influencia o ensino de ciências; evolução de um táxon terminal a outro e não entre o ancestral e seus descendentes e, dificuldade de compreensão de uma disciplina histórica (frágil noção de tempo geológico).

### **7. Síntese da aula teórico-expositiva.**

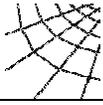
Entender evolução orgânica não significa apenas conhecer os diversos processos evolutivos, mas sim, compreender a diversidade biológica como consequência da combinação dos eventos aleatórios (mutações, deriva genética e recombinação gênica) com eventos relacionados aos processos ambientais (seleção natural e os eventos migratórios) ao longo da história da vida em nosso planeta. Não podemos ser ingênuos e buscar um ou outro fator evolutivo como causa para evolução de um determinado grupo, a evolução de seres vivos é algo mais complexo que exige uma visão holística de todos os processos conhecidos, sem nunca esquecer a transitoriedade das hipóteses científicas.

### **8. Referências**

ALLES, D.L. 2001. Using Evolution as the Framework for Teaching Biology. *The American Biology Teacher*, 63, 1: 20-23



- CALOR, A.R. & Santos, C.M.D. 2004. Filosofia e ensino de Ciências: uma convergência necessária. **Ciência Hoje**, 210: 59-61.
- DARWIN, C. 1859. **On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life**. John Murray, London.
- DOBZHANSKY, T. 1973. **Genética do processo evolutivo**. Tradução Celso Abbade Mourão. Polígono e Edusp. São Paulo. 453 pp.
- FUTUYMA, D.J. 1997. **Biologia Evolutiva**. 2a. Edição, Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP. 631 pp.
- FUTUYMA, D.J. (Org.) 2002. **Evolução, Ciência e Sociedade**. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP. 46 pp. (disponível em: [www.sbg.org.br](http://www.sbg.org.br))
- GOULD, S.J. 2002. **The Structure of Evolutionary Theory**. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge. MA.
- HENNIG, W. 1966. **Phylogenetic Systematics**. University of Illinois Press, Urbana.
- HULL, D. 1988. **Science as a Process**. Chicago: University of Chicago Press.
- LAMARCK, J.B. 1809. **Philosophie Zoologique**. Verdiere. Paris. Traduzido para inglês por: Hugh Elliot como Lamarck, J.B. 1984. **Zoological Philosophy: An Exposition with Regard to the Natural History of Animals**, com ensaios introdutórios de David L. Hull e Richard W. Burkhardt Jr., Chicago, EUA.
- MAYR, E. 1982. **The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance**. Harvard University Press, Cambridge, MA. 974 pp.
- Mayr, E. 2000. Darwin's Influence on Modern Thought. **Scientific American**, 283 (1): 67-71.
- OLANDER, C.; Hagman, M. & Wallin, A. 2001. Teaching and learning about biological evolution: a research based teaching-learning sequence. In: D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, G. Bisdikian, G. Fassoulopoulos, E. Hatzikraniotis, & M. Kallery (Eds.). Tesseloniki: Aristotle University of Thessaloniki, Dept of Primary Education. **Proceedings of the third international conference on science education research in the knowledge based society**, 2: 576-578
- SANTOS, S. 2001. **Evolução Biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala**. Annablume Editora. 132 pp.
- TIDON, R. & Lewontin, R.C. 2004. Teaching Evolutionary Biology. **Genetics and Molecular Biology**, 27 (1): 124-131.



WALLACE, A.R. 1858. On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection. III. On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. *J. Proc. Linnean Society London*, 3: 53-62.



---

## **PROPOSTA DE AULA-PRÁTICA:** Seleção natural e mimetismo

**Objetivos:** através do jogo, expor alguns conceitos básicos da biologia evolutiva.

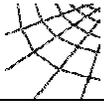
**Conceitos trabalhados:** seleção natural, mimetismo e sobrevivência diferencial, variabilidade genotípica e fenotípica, predatismo.

**Estrutura do jogo:** cada grupo de alunos (mínimo de três) terá em mãos um conjunto com dez (10) grilos verdes, dez (10) grilos vermelhos, um anteparo (tapete ou cartolina) verde e um relógio com cronômetro.

**Funcionamento do jogo:** os grilos são jogados sobre o anteparo por um dos alunos, enquanto outro (a ave) deverá predá-los (pegá-los) num pequeno espaço de tempo (3 segundos), marcado por um terceiro aluno. Depois, marca-se no quadro (próxima página) quantos grilos de cada cor foram predados. Isto deve ser repetido diversas vezes, sempre jogando os vinte grilos. Ao final, soma-se o número de cada classe de cores e, em seguida, pode-se discutir as prováveis causas da diferença levando em consideração os conceitos supracitados.

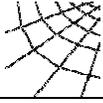
### **Observações:**

1. Os grilos de plástico podem ser substituídos por tampas de garrafas pet nas respectivas cores.
2. O cronômetro também pode ser improvisado com algum dos integrantes do grupo fazendo a contagem do tempo.
3. O jogo ainda pode ser jogado em seqüência, ou seja, após a primeira predação, a segunda é efetuada sobre a população restante (20 grilos menos os já predados na etapa anterior). O objetivo neste caso é adicionar uma dimensão temporal.



Etapas	Grilos vermelhos	Grilos verdes
Predação 1		
Predação 2		
Predação 3		
Predação 4		
Predação 5		
Predação 6		
Predação 7		
Predação 8		
Predação 9		
Predação 10		
<b>Somatória</b>		

**Quadro:** roteiro para desenvolvimento de atividade prática.



## PARTE 2



Caros professores:

Nesta segunda parte você encontrará a **Apresentação do Tema** com os tópicos que serão estudados por meio de exposição teórica e atividade prática, além da discussão de atividades de sala de aula relacionadas ao tema e à proposta pelo docente que está desenvolvendo este módulo de ensino.

O material traz uma síntese do tema, por meio de textos, além de atividades práticas que foram compiladas no material de apoio utilizado em um programa de educação continuada “Construindo Sempre – aperfeiçoamento de professores”, da Secretaria de Educação de São Paulo e Universidade de São Paulo (2002).

Na seção **Atividade de Sala de Aula**, são indicadas propostas para você desenvolver com seus alunos. O objetivo desta atividade é promover discussões com os professores sobre as implicações pedagógicas das mesmas.



## **TEMA: BIODIVERSIDADE, ECOLOGIA E MEIO AMBIENTE.**

Este tema busca integrar biodiversidade, ecologia e meio ambiente, visando propor o estudo e a discussão de tópicos que sejam de interesse dos professores das áreas das ciências da natureza aqui presentes. O módulo de ensino que iremos desenvolver totaliza 4 ½ horas, divididas em duas partes, sendo que a primeira (a) inicia-se com o conceito de biodiversidade e a segunda parte (b), com o uso do meio ambiente enquanto contexto para o ensino de ciências, tendo a ecologia como o ponto de intersecção entre estas duas abordagens. No segundo momento, haverá uma discussão entre os professores sobre uma atividade de sala de aula proposta pelo docente. Este módulo de ensino foi dedicado ao estudo da biodiversidade e a importância de sua preservação, relacionando este tema aos aspectos ecológicos dos biomas da Terra e às questões ambientais, destacando o papel das sociedades humanas na responsabilidade e potencial para a manutenção do equilíbrio da biosfera e da biodiversidade.

Iniciamos esse texto com algumas considerações sobre o estudo da diversidade ecológica, sobretudo no contexto das Ciências Biológicas; a origem do termo e suas implicações para o ensino e a questão ambiental relacionada à temática da biodiversidade. Em seguida, abordamos alguns tópicos referentes ao tema e propomos atividades que podem ser desenvolvidas pelos professores durante este módulo de ensino e, também, por alunos do ensino médio em sala de aula.

Quando nos referimos ao significado e ao uso da biodiversidade na sociedade humana, esta temática ganha amplitude e relevância maiores, abrangendo praticamente todas as áreas do conhecimento. É dentro deste contexto que propomos o estudo da biodiversidade, principalmente nos níveis de organismo e de ecossistemas, abordando os principais tipos de ecossistemas e biomas brasileiros, a diversidade de espécies e organismos vivos destes biomas, as condições ambientais – domínios morfoclimáticos e fitogeográficos - que



definem as distribuições dos seres vivos no Brasil, as interações ecológicas nestes ambientes, os mecanismos que levam à biodiversidade, bem como, aspectos referentes às formas como as culturas humanas se relacionam com o meio ambiente, sobretudo no que se refere à perda e/ou conservação da biodiversidade.

Com relação à proposta metodológica, a oficina procura articular a aprendizagem das informações científicas com o desenvolvimento de estratégias que visam à “recontextualização ou transposição didática” destes conceitos científicos para situações escolares, esperando que estas sejam também utilizadas pelos professores no desenvolvimento das atividades em sala de aula.

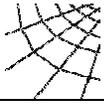
## O ESTUDO DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA

***Marcelo Tadeu Motokane***

O estudo da diversidade biológica tem seus primeiros registros em épocas mais remotas. As sociedades humanas estudam e classificam os seres vivos desde muito tempo, com diferentes finalidades, desde aquelas mais voltadas para os aspectos práticos da vida cotidiana até as relacionadas aos estudos mais complexos no campo das ciências.

O registro mais antigo que conhecemos sobre a classificação, modo de vida e nutrição dos seres vivos, foi produzido por Aristóteles em “História dos Animais”. Teofrastos, discípulo de Aristóteles, também se interessou pelos mesmos aspectos tratados na obra aristotélica e produziu “A História das Plantas” (Acot, 1990 e Deleage, 1993). Esses trabalhos são uma evidência de que conhecer a diversidade dos seres vivos sempre esteve na mente humana.

No século XV, os europeus iniciaram as suas navegações para regiões mais distantes e se vangloriaram com o domínio de novas terras e histórias pitorescas de monstros e bestas encontradas nas Américas e outros continentes. Rapidamente, os colecionadores patrocinaram viagens, sem interesses científicos ou taxonômicos, para essas terras em buscas de novos “troféus” que pudessem engrossar o farto depósito de seres exóticos.



Porém, classificar os seres vivos passou a ser uma atividade mais comum da ciência a partir do século XVII. As viagens dos naturalistas ao redor do planeta trouxeram exemplares de seres vivos nunca vistos, o que ampliou o número de espécimes nas coleções particulares ou de museus. Além disso, no século XVIII, outros ambientes foram tema de estudo dos naturalistas. É nessa época que iniciam-se os estudos da diversidade de seres vivos presentes em ambiente aquático (marinho e de água doce). Tais investigações tiveram como resultados a descrição de novos filos e espécies.

É importante lembrar também que a utilização do microscópio apresentou para a humanidade a vida em escala diminuta e ampliou o número de seres vivos conhecidos. Já a descoberta de fósseis mostrou que a diversidade do mundo vivo é muito maior quando consideramos que a vida surgiu no planeta há pelo menos 3,5 bilhões de anos.

Segundo Mayr (1998), essa demanda tão forte da ciência pela classificação dos seres vivos pode ter motivos que vão além da busca por espécimes de coleções. Muitos cientistas dos séculos XVII e XVIII estavam preocupados com a descoberta de leis que proclamassem a uniformidade e universalidade dos fenômenos naturais. O estudo da diversidade biológica era um dos problemas mais complexos de serem resolvidos, pois os cientistas não conseguiam encontrar as leis que explicassem a diversidade orgânica. Portanto, a única maneira de detectar tais leis, assim se imaginava, era ordenar a diversidade mediante a sua classificação. É a partir dessa premissa que os naturalistas acabaram por desenvolver um arcabouço conceitual dos mais ricos.

O estudo da classificação da diversidade biológica é impulsionado muito mais pela discussão dos conceitos que pelo estudo dos fatos. As questões parecem ser as mesmas há muito tempo: O que é uma espécie? Quais são os graus de parentesco entre as espécies? Quais são os melhores caracteres para determinada espécie ou grupo? Tais questões motivaram outros cientistas a estudarem aspectos fisiológicos, genéticos e comportamentais dos seres vivos, gerando grandes avanços na Biologia.



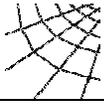
Para Mayr (1998), o estudo da diversidade contribui para o desenvolvimento de idéias que enfatizavam que cada indivíduo é único e diferente de qualquer outro. Os estudos da diversidade concentraram sua atenção no papel do indivíduo e criaram a idéia de que cada espécie é única, e por isso insubstituível no ambiente.

## A ORIGEM DO TERMO E SUAS IMPLICAÇÕES

**Marcelo Tadeu Motokane**

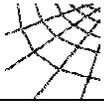
O termo biodiversidade é muito comum nas ciências biológica e tornou-se uma das palavras mais citadas nos programas de conservação ambiental de organizações governamentais e não governamentais do mundo todo. A palavra “BioDiversidade” (BioDiversity) surgiu durante o *National Fórum on BioDiversity*, realizado em 1986 em Washington e organizado pela *National Academy of Science* e o *Smithsonian Institution*. Os resumos do fórum que foram publicados em 1988 com o título de “BioDiversity” se tornaram-se um “best-seller” da *National Academy Press*. Entre os seus autores estavam especialistas de diferentes áreas, tais como economia, direito, biologia, filosofia e antropologia. Em 1992 tornou-se a palavra chave da conferência mundial sobre o meio ambiente (ECO-92), promovida pela UNESCO no Rio de Janeiro. A biodiversidade passou a ser a questão central dos assuntos políticos e científicos. Nessa conferência 179 países ratificaram a “Convenção sobre a Diversidade Biológica”, conhecida como a “Convenção sobre a Biodiversidade”.

No capítulo introdutório do livro “Biodiversity II: understanding and protecting our biological resources” (1997), Edward O. Wilson traz uma interessante informação na qual relata que os biólogos tendem a concordar que a biodiversidade é tudo. A biodiversidade é definida, nesse livro, como toda a variação em todos os níveis de organização, desde os genes dentro de uma simples população local ou espécie, até as espécies que compõem parte de uma comunidade local, e finalmente as próprias comunidades que compõem a parte viva dos ecossistemas multifatoriais do mundo. A chave da análise da



biodiversidade é a definição precisa de qual o nível de organização que se está interessado.

Apesar da concordância sobre o significado de biodiversidade entre os biólogos o uso do termo não tem sido consenso. Weelie & Wals (2002) consideram o termo como mal definido ou não bem definido (*ill-defined*). Segundo os autores, um conceito mal definido não pode ser dado por definições simples ou universalmente aplicáveis, pode ser interpretado de diferentes modos e é difícil de definir em um domínio específico de aplicação. Não é raro encontrar significados científicos, políticos e até mesmo simbólicos sendo usados pela mesma pessoa. Isso demonstra o quanto o termo está propagado na população e na mídia, sendo utilizado em diferentes contextos que vão das políticas de sustentabilidade e até dados numéricos sobre quantidade de espécies de uma região.



Parte A: partindo do conceito de biodiversidade.

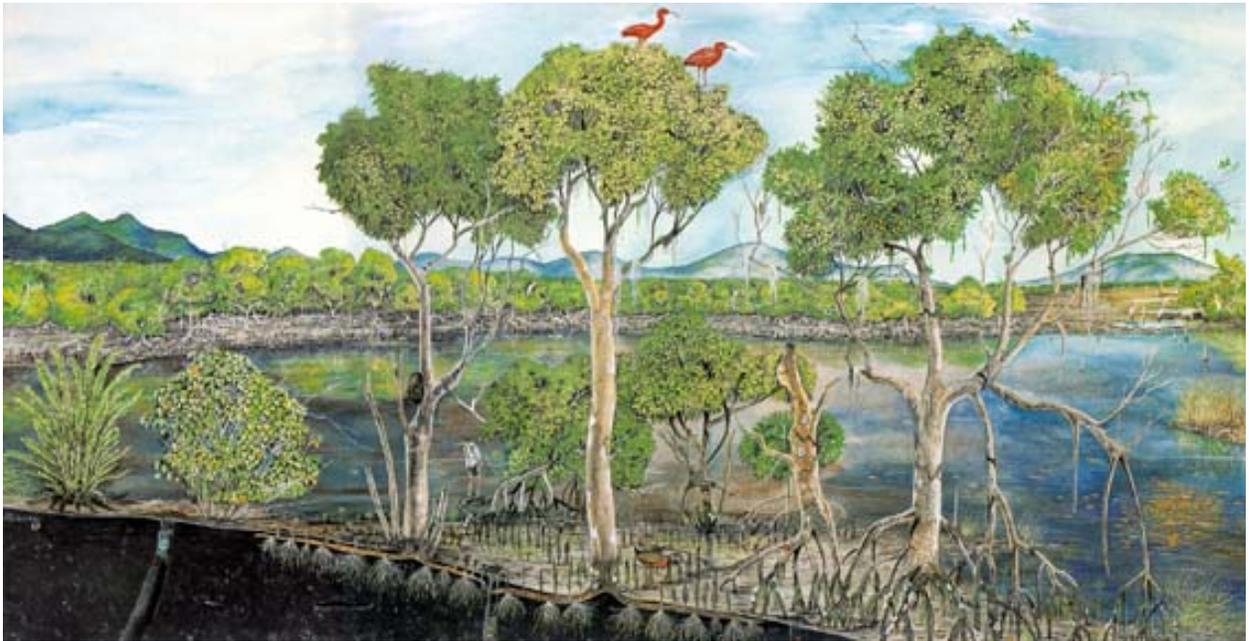
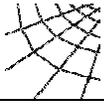
- A diversidade de concepções de biodiversidade: do conceito biológico ao social.
- O estudo da biodiversidade numa abordagem da Ecologia sistêmica e evolutiva.
- A questão ambiental e o valor da conservação/preservação da biodiversidade.
- A temática da biodiversidade no ensino de ciências (biologia).

Sala de Aula 1 : Analisando imagens dos ecossistemas.

Os textos anexos fornecem-nos informações sobre os ecossistemas brasileiros, que puderam ser ilustradas a partir de aquarelas incluídas nos textos. As imagens são elementos importantes no ensino de Biologia, inclusive os livros didáticos trazem muitas dessas imagens, mesmo que estas venham com inúmeros problemas de natureza gráfica, estética e conceitual. A análise de imagens constitui, assim, um importante trabalho educativo.



Praia Arenosa. Aquarela de Frederico Lencioni Neto



Floresta de Mangue. Aquarela de Frederico Lencioni Neto.



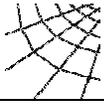
Corte de cana. Dila.



Sítio com Eucaliptos. Francisco Severino

Nesta atividade, duas ou mais aquarelas dos ecossistemas representados deverão ser escolhidas e analisadas com base no roteiro a seguir. Em grupos, registrem suas observações para posterior discussão:

- a) Comparem as imagens e relacionem as semelhanças (elementos que são comuns) e diferenças entre elas.
- b) Destaquem quatro elementos das imagens que caracterizam esses ecossistemas.
- c) Identifiquem a fauna e a flora presentes nesses ecossistemas.
- d) Exemplifiquem algumas adaptações feitas pelos seres vivos para sobreviver nesses ecossistemas.
- e) Identifiquem as possíveis inter-relações entre os fatores (ou elementos) encontrados nesses ecossistemas.
- f) Que ameaças esses ecossistemas sofrem hoje?
- g) Vários desses ecossistemas sofrem impacto da ação humana. Aqui no município de Ribeirão Preto, sofremos os impactos ambientais provocados pelo ciclo da cana-de-açúcar. Identifiquem esses impactos e façam propostas de ações para enfrentar esses problemas.
- h) Destaquem algumas ações de preservação ambiental e sugestões de conteúdos e estratégias de ensino sobre a temática ambiental, que possam ser desenvolvidas e estimuladas nas aulas de ciências.



### Sala de Aula 2 : Identificando e analisando ecossistemas locais.

Trata-se de uma pesquisa de campo, na qual os alunos deverão realizar uma pesquisa bibliográfica e um estudo do meio, a fim de verificar quais os tipos de ecossistemas de sua região. Para isso, deverão ser fornecidos aos alunos:

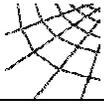
- Informações sobre os diferentes ecossistemas, obtidas pelos livros didáticos, revistas de divulgação, livros e sites.
- Roteiro de observação para o estudo do meio, incluindo questões sobre a fauna, a flora e o clima da região, além de aspectos geomorfológicos do solo, para facilitar a identificação dos ecossistemas.
- Solicitar aos alunos que redijam um breve relatório com as informações obtidas, acrescido de desenhos ou fotos dos locais visitados.
- Após a etapa de identificação e registro, o professor deverá distribuir os alunos em pequenos grupos e estimular um debate, no qual todos deverão apontar se nos ecossistemas da sua região existem áreas naturais que mantêm aspectos originais. A partir dessa análise, os alunos terão de discutir as possíveis causas da alteração do ambiente em sua cidade e as conseqüências disso para a qualidade de vida da população.
- Sugerir a elaboração coletiva de propostas para a utilização e manejo de áreas naturais de sua cidade. Esta poderá ser apresentada na escola.

### Sala de Aula 3 : Analisando paisagens naturais modificadas pelo homem e discutindo modelos de desenvolvimento.

As pinturas da arte *naife* retratam paisagens modificadas pelo homem, seja para moradias, seja para plantios de culturas agrícolas. A ocupação e a intervenção humanas no meio ambiente, de fato, modificam paisagens naturais, e particularmente, no modelo de desenvolvimento adotado pelas civilizações modernas, baseado no uso extremo do meio e no esgotamento dos recursos naturais, esta modificação é bastante drástica e desastrosa para o meio ambiente.

Nesta atividade, escolham uma paisagem natural e uma modificada pelo homem para desenvolver as atividades abaixo:

- a) Comparem as duas imagens e registrem suas observações sobre: para posterior discussão: semelhanças e diferenças; elementos que caracterizam essas paisagens (modificações feitas pelo homem); fauna e flora presentes; adaptações



feitas pelos seres vivos para a sobrevivência nesses ambientes; possíveis inter-relações entre os elementos presentes nestas paisagens; aspectos ecológicos e ambientais presentes.

- b) Ao longo de sua vida, que mudanças ambientais aconteceram na paisagem? Essas alterações foram naturais ou provocadas pelo homem?
- c) Por que devemos preservar/conservar áreas naturais (e a BD)? Quais benefícios isso poderia trazer para a sociedade moderna? E para você?
- d) Como conciliar as necessidades de um crescimento urbano alto e contínuo com a conservação de recursos naturais? Que soluções você proporia para o problema?
- e) Como a educação e a escola podem auxiliar nessa luta?
- f) Destaquem algumas ações de preservação ambiental e sugestões de conteúdos e estratégias de ensino, relacionadas à questão da biodiversidade, que possam ser desenvolvidas e estimuladas nas aulas de ciências.

## BIBLIOGRAFIA

BIZZO, N. *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo: Palavra do Professor, 1998.

FUTUYMA, D.J. *Biologia Evolutiva*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992.

KAWASAKI, C.S. e OLIVEIRA, L.B. Biodiversidade e Educação: as concepções de biodiversidade dos formadores de professores de Biologia. *Anais do III ENPEC*, 2003.

CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Tradução de Cláudia Gilman. Capital Federal (Argentina): Aique Grupo Editor S.A., 1991.

MEC/INEP. *Ciências da Natureza e suas Tecnologias: livro do estudante: ensino médio*. Brasília: MEC: INEP, 2002.

SEE/CENP. *Construindo Sempre: aperfeiçoamento de professores – PEB II*. São Paulo: SEE/CENP, 2002.

WILSON, E.O. *Diversidade da vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 1994.