

O ensino de Evolução

AULA 30

Meta da aula

Discutir a percepção dos alunos brasileiros sobre Evolução e apresentar algumas estratégias no ensino dinâmico da disciplina.

Ao final da aula, você deverá ser capaz de:

- Enumerar algumas das maiores deficiências que os alunos do Ensino Fundamental e Médio têm no estudo de Evolução.
- Descrever maneiras alternativas para o ensino de Evolução.

Pré-requisitos

É pré-requisito desta aula nada mais nada menos que a disciplina de Evolução. É possível, ainda, sugerir a você que reveja, especialmente, as Aulas 1, 16 e 29.

INTRODUÇÃO

Ao longo de nossa disciplina, você viu como a idéia da Evolução surgiu para os cientistas no século XIX; como essa idéia se consolidou através de inúmeros testes e do acúmulo de evidências e como foi modificada e aperfeiçoada ao longo do século XX. A teoria evolutiva era revolucionária e poderosa! Tanto era que provocou reações de grupos conservadores - principalmente dentro da Igreja - que não se viam desde o julgamento de Galileu, no século XVII. A teoria evolutiva é revolucionária e poderosa! Isto porque ela coloca nossa espécie dentro de um contínuo com o resto da Natureza e integra os conceitos dos vários campos da Biologia, bem como também da Paleontologia e da Geologia. É nesse contexto que os Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências Naturais indicam que a compreensão da história evolutiva dos seres vivos é de fundamental importância para que os alunos sejam capazes de organizar e integrar os conhecimentos em Ciências Naturais.

Nesta, como na nossa primeira aula, estamos mais uma vez diante de um epílogo (ver Aula 1: Introdução ao curso). É a última aula da nossa disciplina; nesse sentido, é o fim dessa nossa relação professor-aluno: mais uma etapa está cumprida! Contudo, mais uma vez, esse fim revela um início: estaremos discutindo o ensino e a aprendizagem de Evolução com você, futuro professor de Ciências e de Biologia. É, portanto, um recomeço, noutras bases, em desenvolvimento espiral (ver Aula 16 de Evolução: Controvérsias Evolutivas). Assim, vamos partilhar idéias, sugestões e propostas, pois o ensino de Evolução, em breve, será responsabilidade nossa!

NÃO ESTAMOS SÓS

Existe todo um campo de pesquisas em ensino e aprendizagem. Podemos começar dizendo que, nesse tipo de abordagem, a tarefa principal nem sempre é a de resolver todos os problemas; o mais importante, muitas vezes, é contribuir com elementos para o aprofundamento da discussão sobre eles. Isto significa dizer que, antes de mais nada, é preciso abandonar a linha de **PENSAMENTO POSITIVISTA**, "(...) pois em educação as coisas acontecem de maneira tão inextricável que fica difícil isolar as variáveis envolvidas e mais ainda apontar claramente quais são os responsáveis por determinado efeito" (LÜDKE & ANDRÉ, 1986). Desse modo, o uso da subjetividade não é um fator limitante, uma vez que o objetivo nesse tipo de pesquisa é ajudar o professor a julgar aquilo que

POSITIVISMO

Filosofia de August Comte. Baseia-se nos fatos e na experiência e deriva do conjunto das ciências positivas, repelindo a Metafísica e o sobrenatural. Por extensão, é qualquer filosofia que privilegie o conhecimento científico e combata a Metafísica.

para ele é significativa e o que trará benefícios às suas aulas, podendo servir para ajudá-lo a desenvolver novas idéias, confirmar ou rejeitar hipóteses de trabalho, dar origem a novos dados e a novas práticas.

Dentro desse campo existe uma área mais específica que é chamada Ensino de Biologia. Os trabalhos nessa área envolvem a compreensão das complexas relações estabelecidas entre alunos, professores e conhecimento, tanto em espaços formais como em sala de aula, quanto em espaços não-formais como museus, salas de cinema etc. Além disso, focaliza também os aparatos técnicos de mediação de conhecimento, tanto didáticos (livros, jogos) quanto midiáticos (TV, jornal, cinema). O ensino de Evolução integra essa área.

No Brasil, ocorrem, desde 1986, na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP), os encontros Perspectivas do Ensino de Biologia (EPEB), que reúnem pesquisadores e professores interessados nos problemas relacionados ao ensino de Biologia. Em 2004, ocorreu o IX Encontro, no qual foram apresentados 291 trabalhos, dos quais quase 5% (13 trabalhos) diziam respeito a problemas relacionados com o ensino, a aprendizagem e a apropriação dos conceitos evolutivos nas escolas, universidades, mídia etc.

Além dos EPEB, foi criada, em 1997, a Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio), que tem por finalidade promover o desenvolvimento do ensino e da pesquisa em ensino de Biologia. A SBEnBio promove, a cada dois anos, Encontros Regionais de Ensino de Biologia, os EREBIO. Já houve dois desses encontros no Rio de Janeiro (na UFF, em 2001, e na Faculdade de Formação de Professores da UERJ, em São Gonçalo, em 2003) e outro na Bahia (na Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, em 2003). Nesses três encontros foi apresentado um total de 310 trabalhos, dos quais 22 diziam respeito à temática do ensino de Evolução (7% do total de trabalhos).

Você pode visitar o *site* do SBEnBio no endereço <http://www.sbenbio.org.br>.

Mundo afora, as pesquisas em ensino de Evolução têm despertado interesse crescente de pesquisadores e professores. Por exemplo, recentemente houve, nos EUA, uma conferência nacional sobre o ensino dessa disciplina (2002) e, no Canadá, foi criado um centro de pesquisas sobre o ensino de Evolução. A que se deve tanto interesse? Existem pelo menos três boas razões para isso:

1. A teoria evolutiva é fundamental para a compreensão e organização dos conhecimentos a respeito do mundo natural (esperamos que, “a esta altura do campeonato”, nossa 30ª aula, isto esteja bem claro para você).

2. A despeito disso, tem-se constatado que a compreensão dessa teoria, tanto pelo público leigo quanto por parte de muitos professores e pesquisadores, é pequena.

3. Tem havido um recrudescimento de movimentos e organizações contrários ao ensino de Evolução, especialmente nos EUA (ver Aula 29: Debatendo Argumentos Criacionistas).

Como você deve estar percebendo, esse assunto é sério, e é grande a nossa responsabilidade: mas não estamos sós! Uma vez que já discutimos em Evolução os itens 1 e 3, vamos tentar entender alguns dos problemas envolvidos com a aprendizagem da teoria evolutiva.

Mais informações sobre a conferência nacional a propósito do ensino de Evolução ocorrida nos EUA podem ser obtidas no site <http://www.ucmp.berkeley.edu/ncte>. O endereço do centro de pesquisa em ensino de Evolução no Canadá é: Evolution Education Research Centre, McGill University, 3700 McTavish, Montréal, Québec H3A 1Y2.

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

Durante muito tempo, grande parte das pesquisas em ensino-aprendizagem foram norteadas pelo modelo de mudança conceitual. Segundo esse modelo, os alunos possuem um conjunto de conceitos com os quais interpretam os fenômenos naturais. Tais conceitos são concepções a respeito de como o mundo funciona. Por exemplo, uma criança observa seu cachorro, seu gato, as baratas e percebe que todos eles andam. Ela conclui, então, que seres vivos são aqueles que têm movimento. Esse conjunto de conceitos é o que ela utiliza para resolver situações-problema. Porém, toda vez que esses conceitos fracassarem ao explicar determinadas situações concretas, a criança estará aberta para mudá-los por outros que sejam mais eficientes na resolução do problema. Esse processo de aceitação de conceitos novos, mediada pelo fracasso dos antigos, é a mudança conceitual. No exemplo de que estamos falando, a criança deveria abandonar a idéia de que seres vivos são aqueles que andam a partir do momento em que se depara com a realidade das plantas, que são seres vivos e, no entanto, não se movimentam. Segundo o modelo, a mudança conceitual é mediada por conflito cognitivo e opera uma reestruturação nas idéias do estudante.

Esse modelo foi muito criticado, porque assume a aprendizagem como um processo exclusivamente racional. Pesquisas recentes têm demonstrado que as concepções dos alunos são extremamente resistentes à mudança conceitual e que, no processo de aprendizagem, existe não só uma decisão racional, como também uma teia de relações entre as concepções prévias do aluno sobre o assunto, respeito e afeto dele o pelo professor, pelas crenças religiosas, influência da mídia, visão de mundo, opinião a respeito da natureza da atividade científica etc. Desse modo, o aprendizado ocorre em um fundo de múltiplas influências (racionais, afetivas e culturais), naquilo que foi denominado ecologia conceitual.

Essa teia de relações parece ser muito importante, especialmente no que diz respeito ao aprendizado da teoria evolutiva. Primeiramente, essa teoria tem sido um tópico muito controverso, fundamentalmente por causa da sua interseção com as crenças religiosas; do mesmo modo, a mídia se apropria dela o tempo todo, promovendo uma divulgação muitas vezes distorcida e simplista, com interpretações do conhecimento “enriquecidas” de novos significados. Além disso, existe, também, um discurso de senso comum sobre a teoria evolutiva que é **TELEOLÓGICO** e **ANTROPOMÓRFICO**, contribuindo para a construção de concepções errôneas por parte dos estudantes. O resultado dessas múltiplas influências é que no momento em que os estudantes entram em contato com o ensino formal da teoria evolutiva, eles já trazem consigo uma série de concepções alternativas que são o "produto e o processo de uma atividade de construção mental da realidade" (GIORDAN, 1987). Devido a isso, muitas vezes fica difícil para o aluno aceitar uma nova noção que não condiz com sua vivência.

A pesquisa sobre concepções alternativas pode e deve auxiliar os professores em sala de aula. É indicado que essa estratégia seja desenvolvida pelo levantamento dessas concepções, por meio de questionários aplicados antes do início de determinado conteúdo. Alternativamente, as avaliações periódicas em sala de aula indicam erros recorrentes relacionados com as concepções alternativas. Tais erros se repetem em diferentes turmas, em diferentes anos, em diferentes regiões brasileiras e, também, em diferentes partes do mundo. Algumas vezes, o sucesso no ensino da teoria evolutiva pode estar na utilização das concepções alternativas mais comuns como ponto de discussão entre os alunos. Sabendo disso, vamos ver alguns resultados de pesquisas sobre concepções alternativas desenvolvidas em escolas do Rio de Janeiro.

TELEOLÓGICO

Doutrina acerca das causas finais. Teoria que pretende explicar os seres pelo fim a que aparentemente são destinados.

ANTROPOMORFISMO

Tendência para interpretar a Natureza segundo os hábitos e sentimentos humanos.

NO ENSINO FUNDAMENTAL

Foi realizada uma pesquisa com turmas de 5ª e 6ª séries de duas escolas do município do Rio de Janeiro, uma pública e outra privada (MOREIRA & SILVA, 1995). O universo trabalhado incluía oito diferentes turmas, num total de 257 alunos. Os resultados serão apresentados em três questões que representam as respostas mais interessantes dos alunos:

1. O que é Evolução?
2. A Evolução nunca ocorreu, ocorreu e já chegou ao fim, ou ainda ocorre?
3. Como foi que desapareceram os dinossauros?

A grande maioria dos alunos, tanto da 5ª como da 6ª série, admitiram a Evolução. Poucos foram aqueles que afirmaram que o processo evolutivo não ocorre (6% na 5ª e 4% na 6ª série). Entre os que a admitiram, entretanto, muitos a relacionaram com a Criação (60% na 5ª série e 52% na 6ª série). Isso significa que menos de 50% dos alunos pesquisados aceitavam a teoria evolutiva como explicação suficiente para a origem da diversidade biológica no planeta (34% dos alunos na 5ª e 44% na 6ª série).

As respostas dos alunos foram muito claras em relação àquilo que eles pensavam. Por exemplo, uma aluna da 6ª série respondeu: "Evolução é uma coisa que foi evoluída por Deus, e ele soube fazê-la para que os seres se desenvolvam" (Evolução com Criação), ou, então, "Deus criou a maçã com um gosto e a laranja com outro gosto. Já pensou tudo com um gosto só? Por isso a variedade das frutas, cores, tamanhos... Eu penso assim porque não acredito na Evolução e, sim, na criação".

Para aqueles que admitiram a Evolução, nenhum da 5ª série foi capaz de explicar corretamente alguma etapa do processo; menos de 10% dos da 6ª foram bem-sucedidos nas suas explicações. Em geral, eles pensavam a Evolução do ponto de vista lamarckista, como um processo de mudança que está associado ao melhoramento e aperfeiçoamento das espécies.

Quanto ao tempo de duração da Evolução, a resposta de que esta não terá necessariamente um fim foi a que teve maior frequência (67% na 5ª e 80% na 6ª série). Os alunos podiam ver a Evolução como um processo que acontece no dia-a-dia ou como algo que gera um aperfeiçoamento ou uma deterioração dos seres vivos. Por exemplo,

um aluno respondeu: "Evoluir é progredir, melhorar, dar um passo à frente"; enquanto outra explicou: "Aconteceu aos seres vivos e já chegou a um fim, porque a gente, ao invés de evoluir, está voltando. Não estamos melhorando nada."

Para outros alunos, a Evolução ocorreu e já acabou, ou ainda ocorre, mas um dia terminará (15% na 5ª e 6% na 6ª série). Uma aluna da 6ª série disse: "A evolução aconteceu aos seres vivos e já chegou ao fim. Porque eu acho que os seres não vão mais mudar a sua aparência." Por fim, alguns alunos consideravam que a Evolução não tivesse ocorrido (5% na 5ª e 5% na 6ª série).

Quando foram perguntados sobre a causa do desaparecimento dos dinossauros, a resposta mais citada dizia respeito a um meteoro, mas que nem sempre, na explicação do aluno, aparecia dessa maneira, podendo ter vindo sob a forma de asteróide, meteorito, chuva de meteoros, cometa, diamante gigante etc. Porém, o dado mais interessante foi que alguns alunos colocavam o Homem como contemporâneo dos dinossauros e, além disso, como responsável pelo desaparecimento desses répteis (ver, na **Figura 30.1**, o tempo de separação entre o Homem e os dinossauros). Um aluno, inclusive, disse o seguinte: "O aparecimento dos homens: nós, para conseguirmos viver, começamos a atacar os dinossauros, provocando a sua total extinção."

Uma observação interessante foi a existência de contradições internas nas respostas dos alunos: aqueles mesmos que negavam o processo evolutivo ofereciam algumas versões "oficiais" de como a coisa deveria ter ocorrido. Os pesquisadores interpretaram esse resultado como evidência de que os alunos podem apresentar, para o mesmo problema, dois tipos de resposta: uma versão "oficial", para a escola; e outra, para sua vida cotidiana.

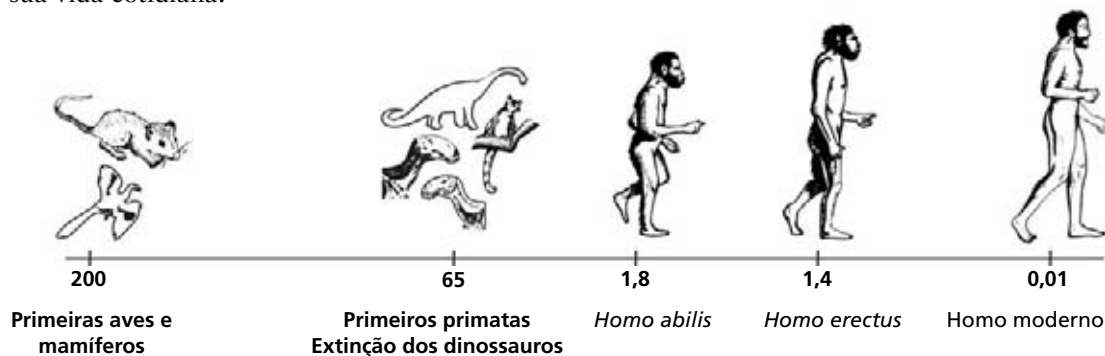


Figura 30.1: Linha do tempo evidenciando que Homem e dinossauros estão muito separados no tempo.

NO ENSINO MÉDIO

De modo similar à pesquisa anterior, foram estudadas as concepções alternativas sobre Evolução, extraídas dos alunos de todas as séries do Ensino Médio em duas escolas do estado do Rio de Janeiro, uma da rede pública, localizada no município de Maricá, e outra da rede privada, situada no município de São Gonçalo, num total de 103 alunos (AZEVEDO & SILVA, 2002). Os resultados dessa pesquisa também serão apresentados com referência às três questões já descritas para o Ensino Fundamental.

Para os alunos, a Evolução é principalmente o resultado da ação do tempo (20,4%), como definiu a seguinte resposta: "Para mim, a Evolução é uma transformação que ocorre com os seres vivos com o passar do tempo." Muitos alunos acreditavam, também, que Evolução é sinônimo de progresso (18,5%), ou que simplesmente representa o ciclo vital (18,5%), como indicaram, respectivamente, as repostas. "Evolução para mim é como se fosse o progresso de algo, ou crescimento"; "A Evolução acontece no ciclo vital: quando uma mulher gera um filho, é aí que acontece a Evolução porque ele vai nascer, crescer, reproduzir e morrer." O desenvolvimento humano foi apontado por 9,7% dos alunos como sendo aquilo que definia a Evolução. Por exemplo, disse um aluno: "É a má divisão do mundo. Porque para os que têm, existe evolução. E para os que não têm, só existe melhora ou piora."

Com relação à duração do processo evolutivo, a maior parte dos alunos respondeu que a Evolução está acontecendo e não tem tempo para terminar (82,5%). Outro grupo (4,9%) considerou que a Evolução aconteceu, mas já teve fim, associando esse fim a processos como extinção e matanças. Por exemplo, uma aluna do 3º ano disse: "A evolução aconteceu aos seres vivos e já chegou ao fim, pois já existem vários animais em extinção."

Três alunos (2,9%) acreditavam que a Evolução está acontecendo; tendo, contudo, um tempo para terminar. Expressaram suas opiniões com respostas como: "A Evolução está ocorrendo, mas corre o risco de acabar, graças aos produtos químicos lançados na atmosfera e na biosfera." Foi possível notar, ainda, que, para alguns alunos (3%), a Evolução estava relacionada aos avanços científicos e tecnológicos, tais como a clonagem e a manipulação genética. Como exemplos dessa

associação feita pelos alunos, foram obtidas respostas tais como: "Não. Eu acho que muitos vieram dos laboratórios" ou "Não, muitas espécies foram criadas por meio de experiências, através de modificações nas células"; ou, ainda, "Não, porque a Evolução do mundo faz com que várias espécies apareçam elaboradas em laboratório; por isso, acho que as espécies que existem hoje não existiam em nosso passado".

Com respeito a espécies já extintas, como é o caso dos dinossauros, 7,8% dos alunos atribuíram esse desaparecimento à ação humana. Os argumentos utilizados nas respostas apresentavam uma preocupação ecológica: "O ser vivo evolui de acordo com suas necessidades e situação do meio em que vive: por ter o homem conseguido dominar o mundo, foi destruindo as plantas que sustentavam o animal, e até mesmo matando muitos (dinossauros)".

Tanto no caso do Ensino Fundamental como no do Ensino Médio, os pesquisadores não foram capazes de perceber diferenças marcantes entre as concepções alternativas dos alunos da escola pública ou privada. Você deve estar percebendo que a diferença entre essas concepções também não é tão grande assim, não é mesmo? Pois bem, como já havíamos dito antes, tais concepções são muito resistentes e parecem repetir-se sempre. Entretanto, uma outra observação interessante apontada por esses pesquisadores é que, dependendo do nível de escolaridade, as concepções alternativas se travestem de termos mais técnicos, palavras oriundas da teoria evolutiva, como mutação, adaptação, camuflagem e outras, sem, contudo, mudar a natureza da explicação.

Então, os alunos aprendem Evolução em um processo em que falam muitas vezes... Nós, professores, portanto, no ensino de Evolução, temos que ser todos ouvidos.

LIÇÕES DE APRENDIZ

As concepções alternativas dos alunos, tanto do Ensino Fundamental quanto do Médio, têm evidenciado uma marcante tendência a visões antropocêntricas. Esse antropocentrismo se apresenta de três formas:

1. A Evolução é interpretada como tendo o Homem como seu fim. Isso se parece muito com a visão dos criacionistas, que vêem o Homem como a obra máxima de Deus, por quem todas as coisas foram criadas.

**RPG ou ROLE
PLAYING GAME**

É um jogo de interpretação. Nele, você é um ator de improviso. O jogador não tem falas ou ações predefinidas, mas deve assumir uma personalidade, que ele interpreta. O RPG tem dois elementos importantes: o Mestre e um Sistema. O Mestre deve guiar os jogadores pelo mundo da fantasia e dar suporte ao desenrolar da história. O Sistema é um conjunto de regras associadas ao mundo onde a história se passa; serve para ajudar o mestre a resolver impasses e dar realismo à história, determinando o modo de agir dos jogadores.

2. O Homem é encarado como responsável pela Evolução. Nesse caso, a Evolução é condicionada aos problemas ambientais provocados pela civilização humana ou é associada ao desenvolvimento científico e tecnológico. Isso se dá, provavelmente, devido ao fato de os problemas ambientais serem muito presentes na vida cotidiana e terem ampla divulgação nos meios de comunicação. A associação com a Ciência e Tecnologia, por outro lado, é explorada, freqüentemente, na ficção científica, que abrange filmes, desenhos animados, revistas em quadrinhos, livros, jogos (**RPG**, videogames) etc.

3. O Homem é visto como um ser extranatural. Este tipo de idéia era comum nos livros didáticos de Ensino Fundamental, em que os seres vivos eram classificados, segundo o critério de utilidade para o Homem, em úteis e nocivos. Essa perspectiva parece estar, ainda, presente nas concepções dos alunos. A idéia do Homem à margem da Natureza (Homem x Natureza) e sua posição de ápice do processo evolutivo é o que faz os alunos se referirem a ele, algumas vezes, como a própria causa da Evolução.

Outro aspecto interessante das concepções alternativas é o uso de termos evolutivos sem o sentido correto. Evolução, por exemplo, é sempre usada no sentido de progresso. Nesse caso, a principal causa talvez seja o sentido coloquial da palavra. Mutação é usada como sinônimo de grandes mudanças nos indivíduos, ou causando grandes malefícios ou produzindo seres fantásticos, como nas histórias em quadrinhos. A adaptação, por sua vez, é encarada como uma mudança lamarckista: os seres se adaptam pelo uso e desuso.

O que a análise das concepções alternativas revela de maneira mais impressionante, entretanto, é o fato de que, mais de 100 anos depois da publicação da *Origem da espécies*,

1. a variação gênica não é vista como importante para a Evolução; ou seja, os alunos ainda não adotaram a perspectiva materialista da variação;

2. os alunos pensam as características dos organismos como sendo determinadas pela ação direta do ambiente sobre elas. O processo de sobrevivência diferencial (seleção natural) de variantes produzidas pela recombinação gênica e mutação não é compreendido;

3. a mudança evolutiva é encarada como a transformação lenta e gradual das características dos indivíduos, e não como a mudança

das proporções de indivíduos com diferentes características dentro de uma população. A visão tipológica se mantém (ver Aula 3: Histórico do Estudo da Evolução);

4. por fim, a Evolução até hoje é encarada como progresso, e o Homem é, ainda, o final dessa marcha triunfal. Os alunos também vislumbram uma hierarquia no mundo vivo, que reflete uma ordem superior (a essência, a idéia, a criação). A noção de contingência está, praticamente, ausente das concepções alternativas.



ATIVIDADE 1

Na primeira coluna são apresentados exemplos de concepções alternativas; na segunda, algumas origens e tipos de erros mais comuns dos quais elas podem vir. Numere a primeira coluna de acordo com a segunda, com base na origem mais provável da concepção alternativa.

- | | |
|---|------------------------------------|
| () Evolução é progredir na vida. | 1 Filmes, histórias em quadrinhos. |
| () Os homens destruíram os dinossauros. | 2 Crenças religiosas. |
| () O planeta Terra é muito jovem para que a Evolução tenha ocorrido. | 3 Senso comum. |

RESPOSTA

- | | |
|---|------------------------------------|
| (3) Evolução é progredir na vida. | 1 Filmes, histórias em quadrinhos. |
| (1) Os homens destruíram os dinossauros. | 2 Crenças religiosas. |
| (2) O planeta Terra é muito jovem para que a Evolução tenha ocorrido. | 3 Senso comum. |

COMENTÁRIO

Se você foi bem-sucedido nesta atividade, então o seu trabalho de lidar com as idéias que os alunos trazem para a sala de aula será, possivelmente, tranqüilo. Caso você tenha encontrado alguma dificuldade, é preciso voltar à leitura, para se familiarizar melhor com as concepções alternativas.

CULTURA DE MASSA

Quando falamos de cultura de massa, estamos nos referindo a todas as manifestações que produzidas e difundidas pelos meios de comunicação e que, portanto, alcançam um grande número de pessoas. O termo foi cunhado em contraposição à cultura, no sentido das manifestações artísticas que têm uma circulação restrita como, por exemplo, a pintura, a escultura, o teatro, a literatura etc. O consumo desses produtos é, geralmente, restrito à elite intelectual e econômica, que tem acesso aos ambientes especiais onde se dá o seu consumo, como os museus de artes, as salas de concerto etc. A cultura de massas inclui os produtos do rádio, da tevê, do cinema, as histórias em quadrinhos, os jornais etc. Esses produtos têm baixo custo, não precisam de locais especiais para ser consumidos e apresentam ampla circulação. O surgimento deles estabeleceu relações novas nos sistemas político e socioeconômico, modificando e até criando formas de vestir, falar, ouvir música, escolher candidatos políticos etc. Em síntese: uma nova cultura!

Como não poderia deixar de ser, o surgimento da cultura de massa incluiu mais uma variável no processo de apropriação do conhecimento que, cada vez mais, deixa de ser assunto para o qual apenas a escola tem função e papel. A mídia tem participado intensamente nessa tarefa. Grande parte da informação que obtemos hoje provém da internet, da televisão, do jornal, de revistas e até mesmo das histórias em quadrinhos. Para você, que participa de um programa de ensino a distância, isto não deve ser nenhuma novidade, não é mesmo? Pois bem... o problema é que tem crescido a preocupação com o poder da linguagem dos veículos de massa sobre os indivíduos e a sociedade. Isso porque as informações veiculadas, na maioria das vezes, são deterministas, reducionistas, fragmentárias, com pouco conteúdo explicativo e com forte teor ideológico. Isso não contribui minimamente para a formação de um sujeito com senso crítico a respeito do seu mundo e do seu tempo. É aí que nós entramos!

Recentemente, muitos trabalhos na área de ensino de Biologia, alguns livros didáticos e até mesmo os Parâmetros Curriculares Nacionais têm sugerido a utilização de produtos da cultura de massa como recursos didáticos para discussão dos conteúdos em sala de aula. Diante do que acabamos de dizer a respeito desses produtos, fica evidente que precisamos

entender, pelo menos, como eles lidam com o conhecimento biológico. Sendo assim, gostaríamos de discutir com você alguns exemplos de como a mídia vem tratando a teoria evolutiva e como isso pode ter influência sobre os alunos.

No escurinho do cinema...

O cinema rende milhões de dólares, atingindo milhões de espectadores em todo o mundo. Depois de exibidos nos cinemas, os filmes são exibidos na tevê, chegando assim a um número ainda maior de espectadores. Nas produções cinematográficas, utilizam-se muito a Ciência e os avanços tecnológicos, de tal sorte que parte das visões que temos sobre a Ciência é influenciada por elas.

Entre os temas científicos mais explorados pelo cinema encontra-se a teoria evolutiva. Seja como tema central, seja como pano de fundo ou mesmo como discurso lateral de algum personagem, a teoria evolutiva tem sido assunto freqüente nas produções cinematográficas. Isso se deve, provavelmente, às discussões que suscitam a respeito das origens, especialmente dos seres humanos e, também, em relação ao futuro das espécies. Por tudo isso, produzem ótimos enredos, que possuem elementos de polêmica, fantasia, aventura e suspense.

Tem sido constatado, em vários estudos, que o discurso dos alunos sobre a teoria evolutiva reflete, algumas vezes, enredos explicativos presentes em filmes, desenhos animados e histórias em quadrinhos. Assim, por exemplo, seres humanos e dinossauros vivendo lado a lado constituem um enredo recorrente na ficção científica. Do mesmo modo, o avanço científico (manipulação genética, robôs, clonagem etc.) é responsável pela produção de novas espécies e pela extinção de outras. Um outro aspecto presente nos filmes, bem como nos desenhos animados e histórias em quadrinhos, é o uso excessivo e muitas vezes indevido de termos evolutivos. A mutação talvez seja a palavra campeã de uso no mundo dos super-heróis.

Esse fascínio pela teoria evolutiva vem de longe. Em 1912, o escritor britânico de romances policiais **SIR ARTHUR CONAN DOYLE** escreveu *O mundo perdido*. Esse romance é um clássico da literatura mundial e conta a história de quatro ingleses que vêm à Amazônia e passam a viver em um platô onde as condições da pré-história se mantêm, vivendo juntos dinossauros, seres fantásticos e o homem primitivo. A



SIR ARTHUR CONAN DOYLE

Arthur Ignatius Conan Doyle nasceu em 22 de maio de 1859, em Edimburgo, Escócia, e morreu em 7 de julho de 1930. Seu personagem mais famoso é o detetive Sherlock Holmes.

ligação entre o romance de Conan Doyle e o livro de lançamento da moderna teoria evolutiva é óbvia! Por exemplo, o personagem principal, George Edward Challenger, é um estudioso dos trabalhos de Darwin e menciona, nos diálogos, outros naturalistas da época, como Alfred Russel Wallace (co-propositor das hipóteses defendidas no livro *A origem das espécies*) e Henry Bates.

Por seu enredo bem-humorado e aventureiro, este clássico ganhou várias versões para o cinema. Em 1925, aparece a primeira versão cinematográfica dessa história e, desde então, outras versões foram produzidas para cinema e tevê. No cinema, a mais recente é o segundo filme da trilogia *Parque dos Dinossauros* (1993) e, na tevê brasileira, está sendo exibida (2004) uma série americana baseada no romance de Conan Doyle. O mundo perdido teve, também, versões em quadrinhos.

Existem também os desenhos animados! *Em busca do vale encantado* (1988), por exemplo, narra a história de Littlefoot, um brontossauro órfão que vai em busca de um legendário vale de luxuriante vegetação, onde os dinossauros podem crescer e viver em paz. Na trajetória, num clima de muita diversão e aventura, Littlefoot encontra-se com outros jovens dinossauros (de espécies diferentes) que com ele enfrentam muitos obstáculos até concretizarem o seu objetivo: encontrar “o vale encantado”. O enredo desse desenho animado não é completamente destituído de saber científico, mas como todos os filmes que temos analisado aqui, ele parte de alguns fatos ou teorias científicas que são usados pela ficção com maior ou menor liberdade. No caso de *Em busca do vale encantado*, as bases do desenho são as hipóteses a respeito da causa do desaparecimento dos dinossauros.

Mais interessante que tudo é a cadeia de relações que existe entre todos esses filmes e desenhos animados. Por exemplo, no desenho que estamos comentando, existe um vale onde dinossauros herbívoros de várias espécies conseguiram sobreviver e escapar da extinção devido à abundância de alimento e a existência de poucos predadores. Nos filmes da série *O mundo perdido*, o grupo de pesquisadores aventureiros vai sempre em busca de um vale, onde os dinossauros foram capazes de resistir e sobreviver à extinção. Logo, não é surpreendente que os alunos sejam fortemente influenciados em suas idéias sobre a teoria evolutiva por enredos que estão presentes, desde a década de 1920, em filmes, desenhos animados e mesmo em histórias em quadrinhos.

Além de filmes diretamente relacionados com o romance *O mundo perdido*, que se relaciona diretamente com o livro *A origem das espécies*, existem muitos outros que lidam com a teoria evolutiva de maneira menos óbvia. Homens e animais são elaborados/confeccionados em laboratórios, como nos filmes *A experiência*, *Blade Runner*, *Alien*, *a ressurreição*, *Medidas extremas*, *Robocop*, *O Exterminador do futuro*, *Gattaca*, *a experiência genética* etc.

Diante de tais fatos, parece importante que o professor de Biologia esteja atento à cultura de massas, usando, inclusive, os filmes e os desenhos animados como contra-exemplos ou mesmo como situações-problema que os alunos devem confrontar com os conceitos evolutivos, de modo a julgar a sua possibilidade real ou não.

No calor da notícia

Reportagens de jornais, bem como documentários de TV e telejornais, utilizam recursos de linguagem que simplificam, seduzem, encantam e emocionam. As reportagens, na maioria das vezes, são curtas e, geralmente, reducionistas, dando ênfase a aspectos sensacionalistas da pesquisa relatada. A Ciência é apresentada como sinônimo de verdade indiscutível, e não como conhecimento crítico. Quando aplicados, esses procedimentos reforçam aquela compreensão que o senso comum tem da Ciência como verdade indiscutível. Mesmo quando os repórteres utilizam os verbos corretos ao se referirem à pesquisa (uma pesquisa sugere/indica), a palavra “cientista” pode ser usada como uma forma de autoridade, o que passa a idéia de que os fatos relatados comprovam, revelam alguma verdade.

Um tema extremamente atual é o meio ambiente. As concepções de meio ambiente, degradação ambiental e consciência ecológica são de suma importância para a formação de cidadãos capazes de pensar o bem coletivo. Contudo, tais concepções foram construídas pela sociedade e, portanto, são ideológicas, estando impregnadas de interesses políticos, econômicos e sociais, altamente valorizados pelos meios de comunicação de massa. Algumas pesquisas em ensino de Biologia têm demonstrado que, muitas vezes, os alunos só são capazes de se referir ao meio ambiente a partir dos seus problemas, causados geralmente pelo próprio homem. Ou seja, o ambiente não existe independentemente de problemas como

poluição, desmatamento, caça predatória, extinção etc.; falar em ambiente significa falar desses problemas.

Essa confusão de conceitos em relação ao tema do meio ambiente parece extravasar os limites dos conteúdos de Ecologia e Educação Ambiental, chegando até a outros conteúdos como, no caso que nos interessa, a teoria evolutiva. Se você bem lembra, uma das características fundamentais das concepções alternativas era um forte antropocentrismo; a visão dos alunos era a de que a degradação ambiental é determinante do processo evolutivo. O “ecologismo” divulgado pelos meios de comunicação massifica o assunto por intermédio de textos e imagens. Dessa forma, podemos especular que perguntas relacionadas ao futuro, independentemente da área de estudo (Biologia, Português, Geografia etc.), obterão sempre respostas que indiquem que o Homem precisa aumentar sua consciência ecológica.

A teoria evolutiva também está freqüentemente presente em reportagens de jornais, bem como em documentários de tevê e em telejornais. O tratamento da informação, nesse caso, não difere muito do que já comentamos; contudo, existe ainda o agravante de a interseção com o criacionismo ser explorada como notícia.

Para lidar com tais características, é necessário dominar a linguagem desses veículos de mídia, de modo a criar, a partir deles, um ambiente de reflexão para o aluno. Promover e incentivar leituras críticas das informações, revelando o uso das estratégias de linguagem desses veículos, pode ser uma forma de estimular os alunos a perceber a grande quantidade de informação (implícita, sugerida etc.) escondida numa suposta notícia única e neutra, anunciada por uma bela repórter de um telejornal das oito.

Aprendiz de feiticeiro

Jean-Claude Carrière (*A linguagem secreta do cinema*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995) conta que no início da era do cinema, para que a narrativa fosse entendida, era necessário um “explicador”, ou seja, alguém que, ao lado da tela, fosse fazendo a relação entre as imagens e a história que o filme queria narrar. Essa idéia nos parece ridícula hoje, porque todos nós já aprendemos a linguagem cinematográfica e já nos esquecemos de como tudo começou.

A produção e divulgação de conhecimentos não ocorre só na escola. Por exemplo, contar histórias sempre foi uma boa forma de transmitir conhecimento: veja as fábulas, as parábolas etc. Narrativas em imagem-som comportam o que se convencionou chamar currículo cultural, que se traduz em um conjunto mais ou menos organizado de informações, valores, saberes que, via cultura de massas, atravessam o cotidiano das pessoas e interferem na sua forma de ver, pensar e aprender. Os conhecimentos veiculados e/ou os efeitos do saber advindos da cultura de massa interagem com os saberes escolares. O que parece evidente, quando analisamos o efeito e o papel da cultura de massa no ensino, é a necessidade de uma alfabetização para televisão, revistas, anúncios, computador etc. Isso se faz necessário para que tal cultura possa ser dominada, e não dominadora.

Acreditamos que essa alfabetização só é possível se assumirmos uma visão construtivista, ou melhor, aquela visão segundo a qual é o aluno quem constrói o seu próprio conhecimento, de maneira crítica. Sendo assim, é possível que o papel do professor nessa construção seja o de mediador entre o aluno, sujeito cognoscente, e os veículos de informação, objetos de conhecimento.

Assim, ao lidar com diferentes produtos da cultura de massa, é importante que algumas perguntas sejam formuladas: O que é uma notícia/filme etc.? Como você lê/vê esses produtos? Que efeitos esse tipo de produto pode ter na vida das pessoas? Que representações culturais estão presentes nele? Que relações de poder estão envolvidas nas falas, nos escritos, nas imagens veiculadas? Que discursos são privilegiados e que verdades eles ajudam a construir? Do mesmo modo, a simulação de ambientes de debate pode ser, também, uma atividade interessante. A turma pode ser dividida em grupos, temas podem ser escolhidos, um tempo deve ser dado para a pesquisa, e os grupos podem tomar posições que devem ser discutidas.

O ensino de Evolução, se alienado do bombardeio da mídia, pode estar perdendo o seu papel de formador da cultura científica dos nossos alunos.



ATIVIDADE 2

Use CM toda vez que a manifestação cultural citada for relativa à cultura de massa.

- () Festas juninas.
- () Concepções alternativas.
- () Rock in Rio.
- () Bienal de Arte de São Paulo.
- () Indústria fonográfica.

RESPOSTA

- () Festas juninas.
- () Concepções alternativas.
- (CM) Rock in Rio.
- () Bienal de Arte de São Paulo.
- (CM) Indústria fonográfica.

COMENTÁRIO

A indústria fonográfica e o Rock in Rio representam muito bem aquilo que definimos como CM: uma cultura nascida da produção industrial, uma arte industrializada, uma cultura industrial. Manifestações folclóricas e a Bienal de São Paulo não são produtos da cultura de massa. No primeiro caso, temos uma manifestação popular e, no segundo, uma expressão da cultura intelectual. Do mesmo modo, as concepções alternativas podem ser influenciadas, mas não constituem manifestações da CM. Mais uma vez, em caso de dificuldade, aconselhamos voltar à leitura.

LIVROS DIDÁTICOS

O livro didático é um companheiro inseparável do professor! Todos nós recorreremos a ele, em algum momento, por várias razões: preparar nossas aulas, fazer o planejamento do ano letivo, apoiar o aluno na sala de aula, desenvolver estudos dirigidos etc. A sua importância para a atividade de ensino é incontestável e tem sido reconhecida há muito tempo. Tanto é assim, que já existe uma boa produção acadêmica sobre o assunto.

A partir de meados de 1995, o Ministério da Educação (MEC), por meio da Secretaria de Ensino Fundamental (SEF), da Fundação de Assistência ao Estudante (FAE) e do Centro de Pesquisas para Educação e Cultura (Cenpec) começou a coordenar um processo de análise dos livros didáticos de Ciências. Os resultados não foram muito animadores: do total de 430 títulos, 24 foram recomendados e 31 o foram com ressalvas. Se você fizer as contas, vai ver que, na melhor das hipóteses, menos de 15% deles foram aprovados pela avaliação do MEC (veja, na **Figura 30.2**, um painel com os livros de Ciências aprovados na avaliação de 2005). As principais críticas dos avaliadores aos mais de 85% de livros reprovados foram:

1. presença de muitos erros conceituais – a maioria devidos à displicência na pesquisa e veiculação da informação correta;
2. negligência com as concepções alternativas;
3. ênfase na enunciação de definições e modelos, sem a devida atenção aos fenômenos aos quais eles se aplicam;
4. solução de conflitos conceituais a partir de argumentos de autoridade, utilizando uma hierarquização das diversas formas de conhecimento que compõem o universo da cultura, colocando o conhecimento científico como superior;
5. conteúdos socialmente irrelevantes e inacessíveis à realidade dos alunos;
6. proposição de atividades pouco críticas, que estimulam a passividade;
7. falta de integração entre capítulos;
8. ausência de referências bibliográficas, citações e sugestões de leituras que pudessem auxiliar tanto os alunos quanto os professores.

Se você ficou muito interessado (ou preocupado) com este assunto, já pode encontrar, no endereço eletrônico do MEC, o Guia de Livros Didáticos 2005, com análise de todos os livros aprovados na última avaliação.



Figura 30.2: Painel com os livros didáticos de Ciências aprovados na avaliação de 2005 do MEC (www.mec.gov.br).

A avaliação do MEC diz respeito exclusivamente aos livros didáticos de Ciências, ou seja, aqueles utilizados no Ensino Fundamental. Os livros de Biologia usados no Ensino Médio ainda não foram submetidos à análise sistemática; porém, já existe uma produção acadêmica que lida com essa temática e tem apresentado resultados que apontam para um quadro que não difere muito daquele que vimos para os livros do Ensino Fundamental.

Os estudos com livros didáticos de Biologia têm indicado a existência de alguns problemas. Tem sido apontado, por exemplo, o uso excessivo de termos técnicos sem o devido esclarecimento ou contextualização, o que contribui para um aprendizado baseado na memorização. O maior problema, no entanto, tem sido a exposição de erros conceituais constantes em boa parcela dos livros de Biologia encontrados no mercado.

Vamos ver como é esse quadro no que diz respeito...

...Aos conteúdos de Evolução

Mesmo naqueles livros considerados adequados pela avaliação do MEC, a análise realizada indica a existência de algumas imprecisões no que diz respeito à perspectiva da teoria evolutiva. Para nós, a observação mais marcante é aquela que indica uma tendência à visão antropocêntrica da Natureza. Embora, segundo os avaliadores, esse ponto de vista permeie os livros de forma sutil, é impossível deixar de lembrar que o antropocentrismo constitui uma das visões mais presentes nas concepções alternativas dos alunos. Assim, a perspectiva de que o ser humano não está inserido no ambiente, sendo, pois, um ser extranatural, pode estar sendo reforçada, de alguma forma, pelos livros didáticos de Ciências, mesmo aqueles aprovados pelo MEC.

Outro aspecto importante, citado pelos avaliadores, é a tendência de os livros apresentarem uma visão finalista sobre a Evolução. Mais uma vez, a coincidência com as concepções alternativas nos leva a imaginar que pode estar havendo uma relação entre os dois fatos, de modo que o aluno pode estar sendo levado a pensar, pelo próprio livro didático, que na Natureza tudo tem uma função e um fim determinados.

Como não existem avaliações sistemáticas dos livros de Biologia, torna-se mais difícil uma avaliação mais objetiva do quadro, no que diz respeito aos conteúdos de Evolução. Contudo, ainda assim é possível tecer algumas considerações.

De forma geral, os livros didáticos de Biologia tentam conduzir o aluno através do desenvolvimento histórico da teoria evolutiva. Porém, algumas vezes, a perspectiva histórica oferecida não é correta. O mais comum desses equívocos talvez seja aquele que apresenta Darwin em contraposição a Lamarck. A leitura do livro *A origem das espécies* deixa claro que Darwin defendia argumentos lamarckistas; logo, a perspectiva apresentada por muitos livros de Biologia não se sustenta. Do mesmo modo, é possível encontrar, ainda com relação a Lamarck, a utilização de argumentos modernos, como aqueles da Biologia Molecular, para rejeitar a hipótese lamarckista. Esse tipo de procedimento estaria correto se os autores não tivessem optado pela perspectiva histórica. Nesse caso, a coerência do argumento exigiria que, contra a teoria lamarckista, fossem usados argumentos e evidências daquele momento histórico (segunda metade do século XIX até a década de 1930)!

Outro procedimento comum, utilizado nos livros do Ensino Médio, é a aplicação de metáforas para explicar os conceitos evolutivos. Esse tipo de prática retórica foi muito utilizado pelo próprio Darwin; contudo, é preciso ter cuidado na sua utilização. Por exemplo, referir-se à “sobrevivência do mais forte”, como Darwin o fez, trouxe problemas para a compreensão do processo de seleção natural, fato que produz ecos até os dias de hoje.

Livro-aprendiz

O que deve ficar evidente para você, a partir dessa breve análise dos livros didáticos de Ciências e Biologia, é que professores e alunos devem operar uma leitura crítica do livro didático, o qual não pode ser visto como um recipiente de verdades incontestáveis. Aliás, esperamos que tenha ficado claro para você, ao final desta disciplina, que Ciência não é sinônimo de Verdade: Ciência é produto da atividade humana, em seu trabalho de superar os erros da sua interpretação e ação sobre o mundo! É esta perspectiva ativa, humilde, histórica e social que se torna importante desenvolver no trabalho e no ensino da Ciência. O papel do livro didático é fundamental nessa tarefa, principalmente se for encarado em sua medida adequada: uma ferramenta útil no processo de construção do conhecimento, por parte do aluno.

Dessa forma, no ensino de Evolução, para lidar com erros conceituais, negligências, imprecisões e outros problemas apresentados pelo livro didático, é preciso a intervenção constante do professor.

E AGORA, JOSÉ? PARA ONDE?

Você deve estar se perguntando: “O que fazer agora? São tantas as variáveis, são tantos os problemas! Será que é possível ensinar Evolução?”

Bem, estaremos sugerindo uma série de estratégias que podem ser úteis ao ensino de Evolução. Elas não são e não podem ser “receitas de bolo”. Não podem ser encaradas como protocolos que, uma vez seguidos, conduzem a resultados objetivos. Como já dissemos no começo desta aula, em Educação o subjetivo é muito importante. Da mesma forma, não custa repetir: o ensino de Evolução agora é responsabilidade nossa!

Introduzir o processo científico ao longo do curso

Aprender Evolução é, fundamentalmente, aprender Ciência. Poucas teorias demonstram, expressam, revelam tanto o fascínio, o labor e o encanto do fazer ciência quanto a teoria evolutiva. Portanto, trabalhar o processo científico com os alunos pode ser um ótimo ponto de partida para se chegar a uma compreensão da teoria evolutiva. Veja algumas sugestões:

- a) Processo indutivo – Mostrar um dado de seis lados, pousado sobre uma mesa; pedir para descobrirem qual o número que está virado para baixo (ou seja, o único número invisível). Como saber qual é o número sem tê-lo visto?
- b) Restrições evolutivas e o conceito de subotimalidade – Dar um pedaço de madeira macia (pedaço de tábua de caixa de frutas; ripa de pinho) e um parafuso para madeira, de cabeça redonda (e não-cortante), tamanho 6 a 8; pedir aos alunos que o aparafusem o máximo possível, sem usar chave de fenda. Após tentar por algum tempo (e, provavelmente, conseguir de maneiras improvisadas), discutir o conceito de subotimalidade e de como algumas vezes a solução encontrada depende das restrições existentes (nesse caso, a ausência da chave de fenda). Falar, então, sobre casos subótimos na Natureza (por

exemplo, a “asa” dos esquilos voadores) e pedir para que os alunos apresentem outros exemplos (as juntas humanas, que se desgastam com o uso; a nossa laringe, que tem uma posição mais baixa, permitindo a fala e, ao mesmo tempo, determinando que sejamos os animais que mais se engasgam).

- c) Para introduzir o conceito de evidências – Peça para que cada aluno pense sobre o que fez no dia anterior e escreva que tipos de evidências físicas eles deixaram (roupas sujas, papéis escritos, coisas mudadas de lugar, coisas quebradas, coisas construídas/compradas etc.). Depois, peça-lhes para imaginar como uma pessoa desconhecida poderia inferir as suas ações do dia anterior a partir dessas evidências.
- d) Conhecimento socialmente referenciado – Dê exemplos de como a Evolução afeta nossas vidas o tempo todo (como no caso de resistência aos antibióticos e inseticidas, espécies invasoras etc.)

Introduzir conceitos de Evolução ao longo do curso

Como já vimos nesta aula, os alunos aprendem Evolução a partir das mais diversas fontes. Mais que isto, os livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental já lidam com o tema. Dessa forma, sugerimos algumas dicas de como ir discutindo os conceitos evolutivos a partir do segundo ciclo do Ensino Fundamental:

- a) 5ª série (meio ambiente) – As condições ambientais podem ser apresentadas como desafios às espécies (pode-se falar de sobrevivência em condições climáticas severas quando se falar do clima, ou dos problemas em relação à dessecação quando se falar da água etc. Ao mesmo tempo, é importante mostrar como as espécies alteram o meio ambiente (as plantas, que transformam rochas em terra; os microclimas dentro de florestas; as minhocas, que formam o húmus). Ao falar sobre a origem do Universo, pode-se enfatizar a questão de escala temporal, para introduzir o conhecimento da antiguidade do Universo, ponto que, posteriormente, será importante para o estudo da Evolução.

- b) 6ª série (seres vivos) – A apresentação dos seres vivos pode ser feita, facilmente, do ponto de vista evolutivo. Não se deve deixar que os alunos vejam as espécies atuais como ancestrais de outras (alguns livros didáticos cometem esse erro, tratam o tema como se as esponjas tivessem originado os Cnidários, que originaram os Triploblásticos, e assim por diante. Na verdade, as espécies atuais não podem ser ancestrais das espécies atuais! Os vários grupos que conhecemos hoje em dia são o resultado de uma evolução complexa, em que grupos ancestrais inteiros se extinguiram). Ao falar dos seres vivos, concentre-se não somente sobre os animais e plantas atuais; refra-se também aos animais e plantas do passado; fale sobre os fósseis, sobre como os dinossauros não existiam há um bilhão de anos, como apareceram, e foram ancestrais das aves e dos mamíferos, e depois desapareceram; discuta o fato de que as plantas que produzem flores só apareceram muito recentemente (nos últimos 100 milhões de anos); compare os membros anteriores de um lagarto (patas), de uma galinha (asas), de um gato (patas), de um morcego (asas) e de uma baleia (barbatanas) e mostre a evolução dos ossos desses membros nessas espécies. Todos esses exemplos dão uma dimensão evolutiva ao estudo da biodiversidade, mesmo para alunos de 6ª série, o que permitirá um aprendizado mais dinâmico.
- c) 7ª série (corpo humano e programa de saúde) – Este é um bom momento para voltar a falar de seleção natural, agora usando o exemplo do desenvolvimento de resistência a antibióticos em linhagens de bactérias. Do mesmo modo, quando estiver trabalhando com a formação de atitudes de respeito à integridade ambiental, desenvolva uma discussão sobre espécies invasoras, exemplificando como, no processo de bioinvasão, estão envolvidos eventos evolutivos extremamente rápidos (ver Aula 28: Genética da Conservação).
- d) 8ª série (Física e Química) – Uma das grandes dificuldades para entender o processo evolutivo diz respeito à diferença entre tempo de vida (o ciclo de vida dos organismos) e tempo geológico. Quando estiver trabalhando com escalas, em Física, tente deixar claras as diferenças de escala entre um e outro

tempo, dando exemplos de fenômenos biológicos (reprodução de bactérias, tempo de vida de um elefante, especiação etc.); históricos (Descobrimiento do Brasil, Revolução Francesa etc.) e geológicos. Em Química, você pode aproveitar para trabalhar com os diferentes métodos de datação (urânio-chumbo, carbono 14) quando estiver falando de radioatividade.

Fazer distinção de domínios

Muitos dos problemas associados ao aprendizado da teoria evolutiva podem ser sanados se os alunos forem levados a fazer distinção de domínios; por exemplo, distinguir conhecimento científico, senso comum e fé religiosa. Tente trabalhar com isso sempre que a oportunidade aparecer. E elas aparecem!

A seguir, falamos de três situações que são bem comuns:

- a) Não tente fazer com que os alunos “acreditem” em Evolução. Ciência não é uma questão de fé. Os alunos podem concluir, por eles mesmos, que a Evolução acontece – basta apresentá-lhes as evidências e auxiliá-los na superação das concepções alternativas que eles possam vir a apresentar. Não se esqueça da Navalha de Occam (Aula 2: Evidências da Evolução).
- b) Procure concentrar-se, dentre vários pontos do seu curso, no processo científico. Esclareça as divergências entre hipótese e teoria. Discuta a diferença entre o uso comum da palavra teoria (como na frase “isso é só uma teoria”) e o uso científico (como em “teoria da relatividade”, “teoria celular”, “teoria da Evolução” ou “teoria da gravidade”).
- c) Se alguém disser que a teoria da Evolução não foi provada, concorde! De fato, ela não foi, da mesma forma que a lei da gravidade tampouco o foi! Na verdade, nenhuma teoria científica pode ser provada. Para serem teorias científicas, elas devem ser passíveis de testes. E elas o são, freqüentemente; mas permanecem como teorias enquanto nenhum fato novo demonstre que estão erradas. A teoria da Evolução, da mesma forma que a Lei da Gravidade, tem sido testada inúmeras vezes nos últimos 100 anos, e nenhum dos testes demonstrou que ela esteja errada. Se um dia um cientista conseguisse demonstrar que a Evolução não aconteceu ou não acontece,

tal cientista provavelmente ganharia o milhão de dólares do prêmio Nobel, venderia milhares de livros, ficaria famoso... No entanto, apesar dessa forte motivação, até hoje ninguém conseguiu demonstrar que a teoria evolutiva esteja errada. Assim, os cientistas tendem a dizer, com relativa certeza, que a evolução das espécies é um fato. A afirmação mais correta seria a de que ela é um fato científico; nesse caso, não existe dúvida ou discussão.

Jogos didáticos

Em todas as sociedades existem brincadeiras. Uma das formas mais comuns de brincar é jogar. Tanto crianças quanto adultos participam de jogos. Os jogos didáticos são uma apropriação da atividade lúdica com função bem definida: auxiliar o aprendizado de conteúdos escolares.

Em pesquisa recente (TIDON & LEWONTIN, 2004) sobre o ensino de Evolução em escolas brasileiras, os professores indicaram que, entre os vários tópicos com os quais trabalham no ensino de Evolução, frequências alélicas e equilíbrio de Hardy-Weinberg estão entre aqueles que sentem mais dificuldade de ensinar. Em algum momento, esta pode ser, também, sua dificuldade. Portanto, vamos partilhar com você um jogo didático que temos utilizado em aulas de Genética e Evolução, e que também pode ser útil para você em suas aulas.

O jogo

O jogo é composto de três populações com diferentes frequências alélicas. As populações são representadas por bolinhas de duas cores distintas.

POPULAÇÃO 1 - 100 bolinhas brancas representando o alelo A e 100 bolinhas pretas representando o alelo B [$f(A) = 0,5$ e $f(B) = 0,5$].

POPULAÇÃO 2 - 160 bolinhas brancas representando o alelo A e 40 bolinhas pretas representando o alelo B [$f(A) = 0,8$ e $f(B) = 0,2$].

POPULAÇÃO 3 - 40 bolinhas brancas representando o alelo A e 160 bolinhas pretas representando o alelo B [$f(A) = 0,2$ e $f(B) = 0,8$].

Você pode usar bolinhas nas cores que preferir; contudo, não se esqueça de que bolinhas verdes e vermelhas, por exemplo, trazem problemas para alunos daltônicos.

As regras

Os alunos devem retirar ao acaso uma bolinha por vez, anotar o alelo que ela representa e devolvê-la ao saco. Um par de bolinhas constitui o genótipo de um indivíduo. Proceder dessa forma até obter uma amostra (prole - F1) com o total de 40 indivíduos para cada população.

As perguntas

Peça ao aluno que responda a questões como as seguintes:

1. Calcule as frequências alélicas da F1 de cada uma das três populações.
2. Compare os valores de frequência obtidos com os da população parental. O que você observa?
3. Verifique se as frequências genotípicas da F1 de cada uma das populações está em equilíbrio de Hardy-Weinberg.
4. Como você explica os resultados obtidos na questão 3?

Ao final desta aula, você vai encontrar o gabarito deste jogo, com exemplos reais de resultados obtidos por alunos que o jogaram.

CONCLUSÃO

Como já dissemos uma vez (Aula 13: Seleção Natural 1), ensinar pode ser uma missão impossível; aprender é inevitável! Naquele momento, já estávamos anunciando aquilo que, esperamos, você esteja compreendendo agora: nosso papel, como professores, é participar de um espaço de aprendizagem. Que espaço é esse? Esse espaço, de fato, se parece muito com uma rede de conversações, em que professores, alunos, sala de aula, conhecimento, livros didáticos, cultura de massa, amigos, igreja, trabalho e vida cotidiana se entrelaçam. Esta perspectiva é necessária para que possamos participar dessa rede, privilegiando os nós nos quais estaremos atuando mais diretamente, ou seja, as relações entre alunos-professor-sala de aula, sem, contudo, ignorar ou discriminar o, os demais nós dessa rede.

RESUMO

Existe um vasto campo de pesquisas em ensino e aprendizagem e, dentro dele, a área de ensino de Biologia, em que se enquadram as pesquisas referentes ao ensino de Evolução. Tais pesquisas têm despertado interesse crescente de pesquisadores e professores devido a três razões principais: a teoria evolutiva é fundamental para a compreensão e organização dos conhecimentos a respeito do mundo natural; existe um recrudescimento de movimentos e organizações contrários ao ensino de Evolução, e tem-se constatado que a compreensão dessa teoria é pequena. Estudos a respeito das concepções alternativas dos alunos, por exemplo, têm demonstrado uma marcante tendência a visões antropocêntricas e a certa falta de compreensão da revolução darwiniana.

As origens das concepções alternativas podem ser as mais diversas. Recentemente, grande interesse tem sido devotado aos produtos da cultura de massa, tais como o cinema, as histórias em quadrinhos, a tevê e os jornais. Isso acontece porque muitas explicações dos alunos parecem reproduzir enredos presentes em filmes ou notícias permanentemente veiculados na mídia, como aquelas referentes aos problemas ambientais. Assim, parece importante que o professor esteja atento à linguagem da mídia, já que um ensino de Evolução alienado desse bombardeio pode estar perdendo o papel de formador da cultura científica dos nossos alunos.

Outra iniciativa recente em relação ao ensino tem sido a preocupação com os livros didáticos disponíveis no mercado. O MEC tem realizado avaliações de livros de Ciências e tem criticado, entre outras coisas, a presença de muitos erros conceituais, a ênfase na enunciação de definições e modelos sem a devida atenção para o seu uso efetivo na compreensão dos fenômenos, além de conteúdos socialmente irrelevantes e inacessíveis à realidade dos alunos. O que fica evidente, a partir das análises e avaliações realizadas com os livros didáticos de Ciências e Biologia, é que, no ensino de Evolução, para lidar com erros conceituais, negligências, imprecisões e outros problemas, é preciso a intervenção constante do professor.

Ao final desta aula, sugerimos algumas estratégias que podem ser úteis ao ensino de Evolução. Por exemplo: introduzir o processo científico, bem como os conteúdos de Evolução, ao longo da vida escolar dos alunos; fazer as devidas distinções de domínios (Ciência x Religião x Senso Comum, por exemplo) e a utilização de jogos didáticos. Contudo, é importante que se saiba que tais estratégias não são “receitas de bolo”. O que pretendemos ter deixado claro foi que o ensino de Evolução agora é responsabilidade nossa!

ATIVIDADES FINAIS

1. Construa o jogo solicitado para auxiliar o ensino do teorema de Hardy-Weinberg; jogue e responda às perguntas propostas.

RESPOSTA

a) Valores obtidos por alunos, após jogarem:

POP1	AA=10	POP2	AA=17	POP3	AA=01
	AB=22		AB=21		AB=09
	BB=08		BB=02		BB=30

$$f(A) = \frac{(2 \times 10) + 22}{80} = 0,52 \quad f(A) = \frac{34 + 21}{80} = 0,69 \quad f(A) = \frac{11}{80} = 0,14$$

$$f(B) = \frac{(2 \times 8) + 22}{80} = 0,48 \quad f(B) = \frac{4 + 21}{80} = 0,31 \quad f(B) = \frac{69}{80} = 0,86$$

b) Existe uma diferença entre os valores obtidos na formação da F1 e aqueles esperados pelo teorema de Hardy-Weinberg.

c) Use a fórmula:

$$\chi^2 = \sum \left[\frac{(o - e)^2}{e} \right]$$

Onde: **o** = valores genotípicos observados e
e = valores genotípicos esperados.

Para verificar se as freqüências genotípicas da F1 de cada uma das populações está em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

A freqüência genotípica esperada é obtida usando o binômio:

$$p^2 + 2pq + q^2$$

Onde: **p** = freqüência do alelo A [f(A) da F1] e

q = freqüência de B [f(B) da F1].

Os graus de liberdade são dados pela fórmula: **GL = n(n-1)/2**

Onde: **n** = número de alelos.

Assim, teremos para POP1:

$$p^2 = (0,52)^2 \times 40 = 10,816$$

$$q^2 = (0,48)^2 \times 40 = 9,216$$

$$2pq = 2 \times (0,48) \times (0,52) \times 40 = 19,968$$

POP2:

$$p^2 = (0,69)^2 \times 40 = 19,044$$

$$q^2 = (0,31)^2 \times 40 = 3,844$$

$$2pq = 2 \times (0,69) \times (0,31) \times 40 = 17,112$$

POP3:

$$p^2 = (0,14)^2 \times 40 = 0,784$$

$$q^2 = (0,86)^2 \times 40 = 29,584$$

$$2pq = 2 \times (0,14) \times (0,86) \times 40 = 9,632$$

Para facilitar, componha uma tabela no formato a seguir:

POP1	O	E	o-e	(o-e)2	(o-e)2/e	P
AA	10	10,816	-0,816	0,665856	0,06156	
AB	22	19,968	2,032	4,129024	0,20678	
BB	08	9,216	-1,216	1,478656	0,1604	
χ^2					0,42874	0,70 > P > 0,50
POP2	O	E	o-e	(o-e)2	(o-e)2/e	P
AA	17	19,044	-2,044	4,177936	0,21938	
AB	21	17,112	3,888	15,11654	0,883389	
BB	02	3,844	-1,844	3,40034	0,88458	
χ^2					1,98735	0,20 > P > 0,10
POP3	O	E	o-e	(o-e)2	(o-e)2/e	P
AA	01	0,784	0,216	0,046656	0,05951	
AB	09	9,632	-0,63	0,399424	0,04146844	
BB	30	29,584	0,416	0,173056	0,005849648	
χ^2					0,106828088	0,80 > P > 0,70

Compare com a tabela de distribuição de qui-quadrado (χ^2):

G.L. \ P	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01
1	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635
2	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210
3	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,345
4	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,277
5	1,610	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,236	11,07	15,080

Como você pode observar pelos resultados de P, todas as três populações estão em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

d) Os desvios não foram significativos. Isso é o esperado, uma vez que no jogo foram simulados cruzamentos ao acaso e ausência de forças evolutivas.

2. Com base no jogo de Hardy-Weinberg que foi apresentado a você, elabore um outro que inclua a seleção natural; jogue e responda às questões que você propôs.

RESPOSTA

Segue uma das possibilidades de jogo a que você pode ter chegado.

JOGO SELEÇÃO NATURAL

A seleção natural é a reprodução (sobrevivência ou mortalidade) diferencial dos indivíduos presentes em uma população. Os genótipos mais vantajosos, nas condições do momento, têm sua frequência aumentada, enquanto aqueles que apresentam alguma desvantagem (como ocorre na maior parte dos casos de mutação) têm sua frequência diminuída.

O jogo

O jogo é composto de uma população com dois alelos (A & B) e de uma outra de reposição, que será usada para construção da população após o efeito da seleção natural. As populações são representadas por bolinhas de duas cores distintas.

População - 50 bolinhas vermelhas e 50 bolinhas verdes

$[f(A) = f(B) = 0,5]$

População de reposição – 50 bolinhas verdes

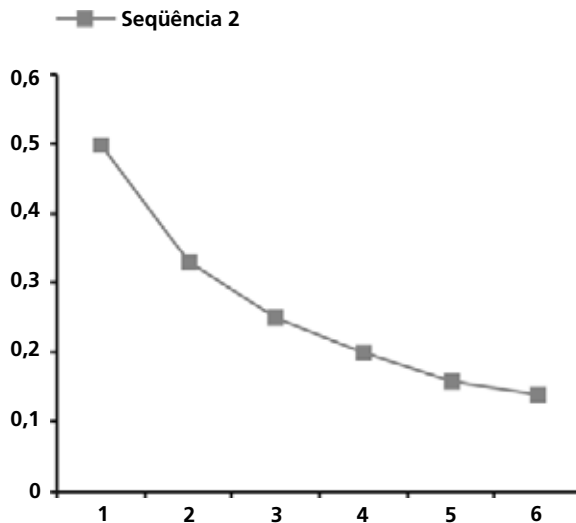
As regras

*Usando a **população** padrão, retirar ao acaso uma bolinha por vez, anotar o alelo que ela representa e devolvê-la ao saco. Um par de bolinhas constitui o genótipo de um indivíduo. Proceder dessa forma até obter uma amostra (prole - F1) com o total de 40 indivíduos. Toda vez que houver formação do genótipo AA, esse indivíduo deve ser desprezado.*

Calcule as novas frequências dos alelos (A & B) e construa uma população do mesmo tamanho da anterior, com as frequências obtidas. Repita esta operação três vezes.

Pede-se:

a) Construa um gráfico em que as gerações estejam no eixo x e as frequências alélicas no eixo y.



b) Como você explica tais resultados?

Existe uma seleção natural que reduz a frequência do alelo A na população. Esse processo se dá por uma reprodução diferencial dos genótipos.

c) O que acontecerá ao longo de muitas gerações, se esse processo prosseguir?

A frequência do alelo diminuirá ao longo das gerações, mas permanecerá ainda nos heterozigotos.

d) Se o alelo A fosse eliminado também dos genótipos AB (caso de dominância), quantas gerações seriam necessárias para que o alelo A desaparecesse da população?

Uma.

e) Quem são os alelos mais afetados pela seleção natural: os dominantes ou os recessivos? Por quê?

Os dominantes. Porque são afetados tanto em homozigose quanto em heterozigose.

AUTO-AVALIAÇÃO

Esta aula fecha a nossa disciplina e co-responsabiliza você pelo ensino de Evolução, uma teoria que integra toda a Biologia. Esperamos que, com esta aula, você tenha obtido subsídios para pensar o processo de aprendizagem e o que significa a prática docente nesse processo. Tente imaginar uma aula de Evolução que você tenha de ministrar, veja quais elementos participaram mais das suas idéias. Se alguma das questões discutidas aqui não entrar no seu exercício de imaginação, tente revisá-la e imagine mais uma aula. Este exercício pode ser interessante para você ir amadurecendo as questões que discutimos.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Nesta aula, falamos de caminhos e caminhadas. A próxima aula é, e só pode ser, o seu próprio caminho. Tudo de bom! E lembre-se do dizer do poeta: O caminho se faz ao caminhar!

Evolução



Referências



Aula 21

FUTUYMA, Douglas J. *Biologia evolutiva*. 2.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1997.

STEARNS, Stephen C.; HOEKSTRA, Rolf F. *Evolução: uma introdução*. São Paulo: Atheneu, 2003. 380p.

STRACHAN, Tom; READ, Andrew P. *Genética molecular humana*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 576p.

Aula 22

DARWIN, Charles Robert. *A Origem das espécies*. Belo Horizonte: Itatiaia, 2002. Tradução da obra *On The Origin of Species*, de 1859.

DOBZHANSKY, Theodosius. *Genética do processo evolutivo*. São Paulo: EDUSP; Ed. Polígono, 1973.

MAGURRAN, A.E.; MAY, R.M. Evolution of biological diversity: from population differentiation to speciation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, Series B, v. 353, n. 1366, 1998.

MAYR, Ernest. *Populações, espécies e evolução*. São Paulo: EDUSP, 1977. Tradução da obra *Populations, species, and evolution*, de 1963.

OTTE, D. ENDLER, J.A. (Eds). *Speciation and its consequences*. Sunderland: Sinauer Associates, 1989.

Aula 23

AVISE, J.C., ARNOLD, J., BALL Jr., R. M., BERMINGHAM, E., LAMB, T., NEIGEL, J. E., REEB, C. A., SAUNDERS, N. C. Intraspecific phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, v. 18, p. 489-522, 1987.

HALL, B.G. *Phylogenetic trees made easy: a how-to manual for molecular biologists*. Sunderland: Sinauer Associates, 2001. 180 p.

HILLIS, D.M., MORITZ, C.B., MABLE, K. *Molecular Systematics*. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1996. 656 p.

JUKES, T. H.; CANTOR, C. R. Evolution of protein molecules. *In: MUNRO, H.N. (Ed.) Mammalian protein metabolism*. New York: Academic Press, 1969. p. 21-132.

LI, W-H. *Molecular Evolution*. Sunderland: Sinauer Associates, 1997. 490p.

MATIOLI, S. R. (Ed.). *Biologia Molecular e Evolução*. Holos Editora, 2001. 202 p.

NEI, M. Genetic distance between populations. *The American Naturalist*, v. 106, p. 283-292, 1972.

NEI, M.; KUMAR, S. *Molecular Evolution and Phylogenetics*. Oxford: Oxford University Press, 2000. 333 p.

PAGE R. D.M.; HOLMES E.C. *Molecular Evolution: a phylogenetic approach*. Cambridge: Blackwell Science, 1998. 346 p.

Aula 24

KREUZER, H.; MASSEY, A. *Engenharia Genética e Biotecnologia*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. 434 p.

HALL, B.G. *Phylogenetic trees made easy: a how-to manual for molecular biologists*. Sunderland: Sinauer Associates, 2001. 180 p.

MATIOLI, S.R. (Eds.). *Biologia molecular e evolução*. Ribeirão Preto: Holos, 2001. 202 p.

SCHNEIDER, H. *Métodos de análise filogenética: um guia prático*. 2.ed. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 114 p.

Aula 25

AYALA, F.J., ESCALANTE, A.A. The evolution of human populations: a molecular perspective. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 5, n. 1, p. 188-201, 1996.

CAVALLI-SFORZA, Luca L., FELDMAN, Marcus W. The application of molecular genetic approaches to the study of human evolution. *Nature Genetics*, Supplement, v. 33, p. 266-275, 2003.

HUDSON, Richard R. *Gene genealogies and the coalescent process*. *Evolutionary Biology*, Oxford, v. 7, p. 1-44, 1990.

IBGE, 2000

PENA, Sérgio D. J. et al. Retrato molecular do Brasil. *Ciência Hoje*, v. 27, p. 16-25, 2000.

PENA, Sérgio D.J. et al. A major founder Y-chromosome haplotype in Amerindians. *Nature Genetics*, v. 11, p. 15-xx, 1995.

SANTOS, F.R., et al. The central Siberian origin for native American Y chromosome.. *American Journal of Human Genetics*, v. 64, p. 619-xx, 1999.

STEARNS, Stephen C.; HOEKSTRA, Rolf F. *Evolução: uma introdução*. São Paulo: Atheneu, 2003. 380p.

STRACHAN, Tom ; READ, Andrew P. *Genética Molecular Humana*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 576p.

Aula 26

LANDSHEERE, G. *Avaliação contínua e exames: noções de docimologia*. Coimbra: Livraria Almedina, 1976.

EBEL, R.L. *Measuring educational achievement*. Englewood Cliffs (USA): Prentice-Hall, Inc, 1965

PERRENAUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

RIO DE JANEIRO (Estado). Fundação Cesgranrio. *Projetos de Avaliação de Larga Escala*. Programa Nova Escola. Avaliação do Desempenho Escolar: análise dos resultados das questões da prova 6ª série do ensino fundamental e faz VI do supletivo. Rio de Janeiro: Governo do Estado/Cesgranrio, 2000.

VIANNA, H.M. *Testes em educação*. São Paulo: IRASA. Fundação Carlos Chagas, 1973.

Aula 27

ESTEBAN, M.T. (Org.). *Avaliação: uma prática em busca de novos sentidos*. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

LUCKESI, C.C. *Avaliação da Aprendizagem Escolar*. São Paulo: Cortez, 2003.

PERRENOUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Porto Alegre: ArtMed, 1999.

APTE, Smita, HOLLAND, Brenden S., GODWIN, Scott e GARDNER, Jonathan P.A. Jumping ship: a stepping stone event mediating transfer of a non-indigenous species via a potentially unsuitable environment. *Biological Invasions* 2000 v. 2 p. 75-79.

BOWEN, B.W. e AVISE, John C. Conservation genetics of marine turtles. Em: *Conservation Genetics*. 1991. Ed. John C. Avise e J. L. Hamrick, p. 199-237. Nova Iorque, Chapman & Hall.

CUNHA, Haydee A. e SOLÉ-CAVA, Antonio M. Molecular sexing of *Sotalia fluviatilis* (Cetacea: Delphinidae), using samples from biopsy darting and decomposed carcasses. *XIX Congresso Brasileiro de Genética*, 2004. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Genética.

FISHER, R.A. The Genetical Theory of Natural Selection. 1930. Nova Iorque, Dover.

FUKAMI, Hironobu, BUDD, Ann F., PAULAY, Gustav, SOLÉ-CAVA, Antonio M., CHEN, Chaolun A., IWAO, Kenji e KNOWLTON, Nancy. Conventional taxonomy obscures deep divergence between Pacific and Atlantic Corals. *Nature* 2004 v. 427 p. 832-835.

HEYWOOD, V.H. e WATSON, R.T. *Global Biodiversity Assessment*. 1995. Cambridge, Cambridge University Press.

MATIOLI, Sérgio R. *Biologia Molecular e Evolução*. 2001. São Paulo. Editora Holos.

MIYAKI, Cristina Y., GRIFFITHS, Richard, ORR, K. NAHUM, L.A., PEREIRA S. L., e WAJNTAL A. Sex identification of parrots, toucans, and curassows by PCR: Perspectives for wild and captive population studies. *Zoo Biology* 1998 v. 17 p. 415.

MOORE Mary K., BEMISS John A., RICE Susan M., QUATTRO Joseph M. e WOODLEY, Cheryl M. Use of restriction fragment length polymorphisms to identify sea turtle eggs and cooked meats to species. *Conservation genetics* 2003 v. 4 p. 95-103.

PALUMBI, Stephen R. e CIPRIANO, F. Species identification using genetic tools: The value of nuclear and mitochondrial gene sequences in whale conservation. *Journal of Heredity* 1998. v. 89 p. 459-464.

ROMAN, J. e BOWEN B. W. The mock turtle syndrome: genetic identification of turtle meat purchased in the south-eastern United States of America. *Animal Conservation* 2000 v. 3 p. 61-65

SOLÉ-CAVA, Antonio M. Genética da Conservação. Em: *Biologia Molecular e Evolução*. 2001. Ed. S.R. Matioli. p. 171-192. São Paulo. Editora Holos.

- BLOOM, B. et al. *Taxionomia de objetivos educacionais*: domínio cognitivo. Porto Alegre: Globo, 1972. v. 1
- BONNIOL, J.J.; VIAL, M. *Modelos de avaliação*: textos fundamentais. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- ENCICLOPÉDIA Digital Master Milênio. Dialética (Sociologia). Disponível em: <www.encyclopedia.com.br>. Acesso em : 08 maio 2004.
- GAMA, Zacarias Jaegger. *Avaliação na escola de 2º grau*. 3.ed. Campinas,SP: Papirus, 2002.
- _____; WERNER, J. *Parecer técnico avaliativo sobre a prova exigida para a obtenção do Título Superior em Anestesiologia (TSA)*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2000.
- GILLET, P. *L'évaluation, saisie d'imaginaire ou pour une pratique raisonnable de rationalité en evaluation*. Dijon: INRAP, 1986.
- GENTHON, M. *Apprentissage, evaluation, recherches: genèse des interactions comme ouvertures régulatrices*. Aix-en-Provence: Université de Provence, 1993.
- GRONLUND, N.E. *A formulação de objetivos comportamentais para as aulas*. Rio de Janeiro: Ed. Rio, 1975.
- LANDSHERE, V.; LANDSHERE, G. *Definir os objetivos da educação*. São Paulo: Martins Fontes, 1974.
- POCZTAR, J. *La définition des objectifs pédagogiques, bases, compantes et références de ces techniques*. Paris: ESF, 1982.
- POPHAM, W.J. *Manual de avaliação*: regras práticas para o avaliador educacional. Petrópolis: Vozes, 1977.
- SAVIANI, D. *Escola e democracia*. 20.ed. São Paulo: Cortez, 1988.
- SCRIVEN, M. *Evaluation thesaurus*. London: Sage, 1991.
- TYLER, R. *Princípios básicos de currículo e ensino*. Porto Alegre: Globo, 1978.

ALTERS, Brian J.; NELSON, Craig E. Teaching evolution in higher education. *Evolution*, v. 56, n. 10, p.1891-190, oct. 12002.

AZEVEDO, Denise; SILVA, Edson Pereira. Comunicação, informação e educação: assimilação do discurso da mídia à fala dos alunos sobre a teoria evolutiva. *Movimento*, n. 5, p. 143-153, mai. 2002.

BIZZO, Nélio. Falhas no ensino de ciências. *Ciência Hoje*, Brasília, v. 27, n. 159, p. 26-31, abr. 2000.

_____. Graves erros de conceitos em livros didáticos de ciências. *Ciência Hoje*, Brasília, v. 21, n. 121, p. 26-35, jan. 1996.

DEMASTES, Sherry S.; GOOD, Ronald G.; PEEBLES, Patsye. Students conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, v. 79, n. 6, p. 637-666, 1995.

GIORDAN, Andre. Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 5, n. 2, p. 105-110, 1987.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E.D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: Ed. EPU, 1986. (Coleção Temas básicos de educação e ensino).

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Parâmetros curriculares nacionais (5ª a 8ª séries)*. Brasília: Secretaria de Educação Fundamental, MEC, 1998, 138 p. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/sef/estrut2/pcn/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2004.

SANTOS, Silvana. 2002. *Evolução Biológica: Ensino e Aprendizagem no Cotidiano de Sala de Aula*. São Paulo: Annablume, 2002

MOREIRA, Maria Cristina do Amaral; SILVA, Edson Pereira. Ciência na escola: como a criança vê a evolução dos seres vivos. *Ciência Hoje*, v. 19, n. 114, p. 45-48, Out. 1995. (Ver errata *Ciência Hoje*, v. 20, n. 116, p. 4, dez. 1995).

TIDON, Rosana; LEWONTIN, Richard C. Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, v. 27, n. 1, p. 124-131, 2004.

ISBN 85-7648-246-0



9 788576 482468



Ministério da Educação

