

APRESENTAÇÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA

O foco de interesse desta pesquisa projetava-se sobre as idéias dos estudantes e as mudanças decorrentes dos momentos de ensino e aprendizagem. Nestes, necessariamente, os estudantes precisariam falar, dialogar com a professora/pesquisadora para que suas idéias fossem conhecidas e documentadas, compondo assim um conjunto de dados.

Dessa maneira, foi elaborada uma seqüência de atividades didáticas, considerando que ela seria tanto um instrumento de pesquisa, quanto de ensino e aprendizagem. Entendendo que não era possível acompanhar detalhadamente um curso extenso, composto por muitas aulas, foram elaboradas oito atividades que trataram somente aspectos centrais da teoria evolutiva: os conceitos de evolução, seleção natural e adaptação. Essas atividades foram planejadas pela própria pesquisadora, tomando como referência os relatos de pesquisas descritos no primeiro capítulo.

Na estratégia de pesquisa escolhida, a pesquisadora se torna parte do cenário estudado, ou seja, ela também é a professora, responsável pela aplicação das atividades. A situação de pesquisa se assemelha ao cotidiano de sala de aula. Sendo assim, a pesquisadora lecionou, durante o período de um ano, para alunos do Ensino Médio em uma escola estadual antes de aplicar a seqüência didática. Com isto, foi possível construir vínculos com os estudantes e conhecer o conteúdo programático ao qual eles tiveram acesso.

A coleta de dados consistiu na realização das entrevistas prévias e posteriores à aplicação das atividades, e na gravação em vídeo da seqüência das aulas ministradas. Posteriormente, as entrevistas e todas as aulas gravadas foram integralmente transcritas.

Essas transcrições compuseram o conjunto de dados que será analisado no terceiro capítulo. Em seguida, serão descritas

detalhadamente as atividades da seqüência didática, como foram realizadas as entrevistas e ministradas as aulas.

A SEQÜÊNCIA DIDÁTICA

A seqüência didática agrupava oito atividades. Todas elas iniciavam com a apresentação de uma “situação-problema” para discussão. Nesse momento, os estudantes conversavam entre si e explicitavam muitas de suas idéias. Posteriormente, eram lidos coletivamente os textos referentes a cada atividade, os quais eram permeados por questões, favorecendo mais uma vez os diálogos no grupo.

Essa seqüência permitia, portanto, investigar o que aconteceria com as idéias dos estudantes sobre a evolução biológica durante os momentos de ensino e aprendizagem. Porém, é importante ressaltar que não se almejou em nenhum momento testar a eficácia desse material instrucional.

A primeira atividade ilustrava e relacionava os conceitos de evolução, adaptação e seleção natural. Inicialmente, os estudantes foram desafiados a identificar em algumas ilustrações os animais que lá estavam representados. Esses animais mimetizavam o meio ou outros seres vivos. Por exemplo, uma lagarta que tinha cauda semelhante à cabeça de uma cobra; ou um bicho-pau.

Era quase inevitável nesse momento que os estudantes refletissem sobre como teriam surgido esses organismos que se assemelhavam demasiadamente ao meio ou a outros seres vivos. O texto referente à primeira atividade foi lido logo após essa etapa de motivação, cercado justamente essas questões: Como explicar essas semelhanças? Como esses organismos miméticos teriam se originado?

Durante a leitura e discussão do texto, quando os estudantes respondiam às questões, eles revelavam suas concepções. No entanto, eles também poderiam modificá-las, conhecendo uma nova explicação que estava sendo oferecida durante a atividade.

Atividade 1: O que é evolução?

É intrigante olhar alguns animais que mimetizam o meio onde vivem. Vocês já ouviram falar em cobra coral? Dizemos que existe a cobra coral verdadeira e a falsa. No entanto, se as

olharmos rapidamente, não conseguiremos dizer quem é quem. Este também é um caso de mimetismo. Por que será que esses animais são tão semelhantes ao meio onde habitam? Como surgiram essas características que os assemelham ao meio ou a outros seres vivos?

Encontrar uma resposta para essas questões não é tarefa fácil, mas podemos usar nossa imaginação e realizar algumas suposições que possam nos auxiliar a esclarecer a questão. Para tanto, vamos usar o exemplo do louva-a-deus.

O louva-a-deus é assim chamado pela posição de suas patas, as quais lembram alguém rezando. Ele permanece nesta posição esperando capturar algum inseto pequeno ou aranha para se alimentar. Ele vive normalmente no tronco, galhos de árvores ou na folhagem. Há o louva-a-deus macho e a fêmea que se aproximam na época do acasalamento. Existem algumas espécies de pássaros que predam o louva-a-deus, sendo seus inimigos naturais.

1. Que semelhanças existem entre o louva-a-deus e o ambiente onde ele vive?
2. De que maneira a tonalidade do corpo pode estar relacionada à sobrevivência dos louva-a-deus?
3. Imagine dois louva-a-deus, um macho e uma fêmea, semelhantes aos troncos de árvores, ou seja, marrons. Se eles se acasalarem, qual deve ser a tonalidade do corpo dos filhotes?

Vamos supor que desse acasalamento tenham nascido 10 filhotes. Nove, como esperávamos, eram marrons iguais aos pais. Mas um deles era esverdeado. E nunca antes havia aparecido um louva-a-deus dessa cor na família! Será que esse louva-a-deus de cor diferente irá sobreviver?

Suponha que todos os filhotes desse acasalamento vivessem em troncos ou galhos de árvores, como os pais.

4. O que deveria acontecer com o louva-a-deus esverdeado nesse ambiente?
5. Agora, suponha que os filhotes tenham habitado a folhagem das árvores. Qual louva-a-deus deveria ser capturado mais facilmente pelos pássaros?
6. De que maneira a tonalidade do corpo do louva-a-deus estaria interferindo na sua sobrevivência?

Vamos supor que o louva-a-deus esverdeado tenha conseguido viver entre as folhas. Quando adulto, encontrou uma fêmea marrom com quem acasalou e teve 10 filhotes, todos esverdeados como o “pai”. Se metade dos filhotes vivesse nos troncos e a outra metade entre as folhas, em qual desses ambientes deveriam sobreviver mais filhotes? Por quê?

Com o tempo, os louva-a-deus sobreviventes se reproduziram e muitos filhotes devem ter nascido. Os filhotes esverdeados deveriam sobreviver em maior número na folhagem porque eram menos predados pelos pássaros.

Quando dizemos que um conjunto de indivíduos está adaptado a algo, isto quer dizer que eles possuem uma característica que foi selecionada pelo meio. Essas características adaptativas ampliam as chances de sobrevivência dos indivíduos que as possuem. Entretanto, como podemos explicar a origem de uma característica, por exemplo, da tonalidade esverdeada do corpo na população que era inicialmente marrom?

7. Você concordaria com a idéia de que aquele louva-a-deus marrom que deu origem a um filhote esverdeado quis ter um filhote assim adaptado às folhas? A tonalidade teria surgido por uma questão de escolha ou foi devido à vontade dos pais?

Podemos dizer também houve seleção natural, ou seja, que nem todos os indivíduos sobreviveram. Muitos louva-a-deus morreram porque foram predados pelos pássaros. Isto não significa que o meio escolheu os animais que iriam sobreviver, mas que existia maior chance de sobrevivência de uma variedade de louva-a-deus do que a outra, ou seja, havia sobrevivência diferencial dos indivíduos de uma população. O louva-a-deus esverdeado nas folhas era menos predado, enquanto os indivíduos marrons nos troncos tendiam a sobreviver em maior número. Sobreviviam mais indivíduos, que se reproduziam e deixavam mais descendentes. O conceito de seleção natural diz respeito à idéia de que existem variações entre os indivíduos de uma população, nascendo mais indivíduos do que aqueles que sobrevivem e se reproduzem. Dessa maneira, devido ao mecanismo de seleção, algumas características se conservariam nas populações.

Vamos supor que muito tempo tenha passado e que na população de louva-a-deus esverdeado tenha surgido indivíduos com outras características que os assemelhavam ainda mais ao meio. Vamos imaginar que o louva-a-deus esverdeado tenha se modificado tanto que deixou de reconhecer o louva-a-deus marrom para o acasalamento, ou seja, eles não mais se reproduziam. Quando isto ocorre, dizemos que houve um evento de especiação, ou seja, formaram-se duas espécies diferentes.

Estamos admitindo que podem surgir variações (características novas) em indivíduos de uma população e, com o tempo, algumas populações com essas características se reproduzem mais do que outras, deixando mais descendentes. Dessa maneira, algumas características se conservam ao longo do tempo nas populações devido ao mecanismo de seleção natural. Se considerarmos que essas suposições são verdadeiras, estamos

admitindo, portanto, que ao longo do tempo existiram diferentes populações de seres vivos, ou seja, que houve evolução.

A Teoria da Evolução Biológica é um conjunto de conhecimentos que explica a diversidade de seres vivos existentes hoje e no passado. Essa explicação considera que existem indivíduos diferentes em uma população, como o louva-a-deus marrom e o esverdeado, e que esses organismos podem acumular modificações ao longo do tempo, a ponto de não mais se reproduzirem, formando assim espécies distintas.

A questão que se buscava responder na segunda atividade era como surgem as variações existentes entre indivíduos de uma população, ou seja, as novas características.

Inicialmente, foram mostradas aos estudantes três ilustrações: uma delas continha animais pertencentes à mesma ordem; outra mostrava espécies de um mesmo gênero e uma terceira, mutantes de uma mesma espécie. Foi perguntado aos estudantes em qual dessas figuras existiam animais da mesma espécie, assim se expunham os critérios usados por eles para agrupar indivíduos nesta categoria.

A questão foi bastante debatida e os estudantes perceberam, analisando as ilustrações, que alguns animais possuíam alguns "defeitos", como asas quebradas ou ausentes. Logo esses animais foram identificados como mutantes de uma espécie de mosca, as drosófilas. Após essa aproximação com o conceito de espécie, entendendo-a como conjunto de organismos capazes de se reproduzir entre si, o texto da segunda atividade foi lido coletivamente e as questões foram lenta e gradativamente respondidas.

Atividade 2: O que é mutação?

Você já ouviu falar em mutação? O que é isso? Como se originam as mutações? O que as produzem? Vamos pensar em um exemplo para responder essas questões.

Imagine que você tenha coletado algumas moscas de fruta (drosófilas), iniciando uma cultura em casa. Todas as "suas" moscas eram da mesma espécie e todas elas tinham olhos avermelhados. Após algumas gerações, quando você observava suas moscas, percebeu uma de olhos brancos! Você se perguntou: "ora, como deve ter surgido essa mosca tão diferente? Será que eu conseguiria reproduzir essa mosca e obter um grande número de moscas de olhos brancos? O que eu precisaria fazer para conseguir isto?"

Acreditamos hoje que as informações a respeito das características de cada ser vivo estão escritas na forma de um código químico (DNA). Cada célula do nosso corpo tem uma cópia desse código. Nesse contexto, entendemos mutação como alteração nas informações desse código. Se a alteração ocorrer nas células que originarão os espermatozoides e óvulos, então ela será transmitida para as gerações seguintes. Se a alteração ocorrer em quaisquer outras células do corpo, ela não passará para a prole.

Na situação acima proposta, a população tem a cor dos olhos avermelhada e surgiu um mutante de olhos brancos. Suponha que a mutação tenha ocorrido nas células do olho da mosca. Neste caso, os filhos terão essa característica ou não? Por quê?

Mas como surge a mutação? Nós sabemos que existem mutações espontâneas, erros que ocorrem durante o processo de reprodução das informações contidas nas nossas células. E existem também as mutações induzidas por agentes mutagênicos. Você já ouviu falar em substâncias que causam mutação?

A existência de substâncias mutagênicas foi demonstrada por volta da década de 20, quando foram realizados os primeiros experimentos com substâncias radioativas. Relatando simplificada e o que os pesquisadores faziam, podemos dizer que eles expunham moscas a diferentes doses de radioatividade para verificar a porcentagem de mutantes que surgiam. Existem mutações letais, ou seja, acarretam a morte dos embriões gerados pelas moscas irradiadas por alterar demasiadamente as informações contidas em espermatozoides e óvulos. É possível quantificar de maneira indireta a porcentagem de mutação, analisando a mortalidade de moscas quando são tratadas com distintas doses de radioatividade. Vamos analisar os resultados de um dos primeiros experimentos realizados para investigar esses efeitos.

Tabela 1: Mortalidade dos descendentes de moscas que foram submetidas a tratamento com substâncias radiativas

Série	moscas usadas	moscas mortas	% de letalidade
• moscas não irradiadas	3.708	70	0,2%
• moscas irradiadas com dose de 3000R	2.258	198	8,8%
• moscas irradiadas com dose de 50R	1.883	50	0,3%

R: unidade de medida de radiatividade

Fonte: Auerbach, *Mutation Research* (1976: 81 – tabela modificada e simplificada)

1. Compare a mortalidade entre organismos que pertencem ao grupo controle e o grupo irradiado. Em qual dos casos foi observado maior número de moscas mortas?
2. O que se pode afirmar a respeito do uso de diferentes doses de radiatividade? Como você explicaria os resultados observados?

Acreditamos hoje que as mutações são a grande fonte de diversificação dos seres vivos. Se não ocorressem as mutações, todos nós seríamos iguais. No nosso exemplo, todas as moscas coletadas inicialmente tinham olhos vermelhos, ocorrendo então mutação espontânea e uma mosca passou a apresentar olhos brancos. Se a mutação estava presente nos espermatozoides ou óvulos da mosca, então foi transmitida para os descendentes, que se reproduziram entre si e muitos descendentes passaram a apresentar a cor dos olhos branca também.

Se escolhêssemos os cruzamentos entre as moscas, poderíamos fazer uma cultura contendo somente moscas de olhos brancos. A combinação entre a informação para cor de olho branco e avermelhado poderia causar o aparecimento de uma cor intermediária, o que aumentaria ainda mais a diversidade de cores encontrada entre as moscas.

As mutações estão sempre acontecendo nos organismos. A diversidade de cores encontrada nos olhos dos seres humanos, por exemplo, como poderia ser explicada? Devem ter ocorrido mutações (cor castanho mudou, originando cor azul) e a combinação de informações teria gerado outras tonalidades (verde, castanho claro, castanho escuro...). A laranja, variedade Bahia, que compramos hoje em dia não existia antes de 1870. Havia uma plantação de laranjas onde apareceu um pé de laranja mutante. Os agricultores reproduziram essa planta e praticamente todas as laranjas dessa variedade que consumimos hoje descendem daquele pé.

Na terceira atividade, os estudantes tinham de completar a história de um evento hipotético de especiação: os indivíduos de uma população de caramujos foram separados por uma barreira física vinte mil anos atrás. Um banco de areia surgiu como resultado da redução do nível da água de um rio. Recentemente, a água cobriu novamente a areia, aproximando os descendentes daquela população. Será que os descendentes da população original de caramujos continuariam pertencendo à mesma espécie? Eles poderiam não mais se reproduzir? Enfim, o que poderíamos dizer a respeito da diversidade da população atual caso: 1) os caramujos continuem se re-

produzindo; 2) os descendentes não copulam entre si. Os estudantes foram convidados a completar um desenho que ilustrava essa história.

Na quarta atividade foi utilizado um “convite ao raciocínio” sobre o fenômeno de melanização das mariposas na Inglaterra, reproduzido do livro *Biological Science Curriculum Study*, versão azul, traduzida, de 1970. O objetivo desta atividade era apresentar o conceito de seleção natural por meio da análise de resultados experimentais.

O conceito de adaptação foi objeto de estudo da quinta atividade, na qual se buscou evidenciar as diferenças existentes entre as idéias dos estudantes, que já tinham sido explicitadas durante as atividades anteriores, e a concepção científica de adaptação. Como os alunos desconheciam os conceitos relativos à genética de populações, foram usadas analogias e metáforas como recurso de aproximação conceitual. Em seguida, para ilustrar o que seria uma característica adaptativa, foi usado o modelo clássico da anemia falciforme em regiões onde a malária é endêmica.

Atividade 5: O que é adaptação?

Quando ouvimos no dia-a-dia que um indivíduo se adaptou, entendemos que o indivíduo respondeu às condições ambientais, ajustando-se, ou seja, alterando sua forma, função ou comportamento. A palavra adaptação usada no nosso cotidiano tem um significado muito diferente na teoria evolutiva. Nesta, quando os organismos se adaptam, entendemos que a composição da população se modificou. Lembremos do exemplo das mariposas para compreendermos melhor essas diferenças de significados.

Quando não havia poluição, a maior parte da população das mariposas era composta por indivíduos claros. Houve então uma modificação no ambiente, os troncos se escureceram com a fuligem oriunda das fábricas inglesas, e as mariposas que sobreviveram em maior número nesta nova situação eram escuras. Com o tempo, as mariposas escuras se reproduziram, aumentando o número de indivíduos na população. As mariposas claras morriam em maior proporção devido à predação. A composição da população se modificou, pois antes da mudança no meio era mais freqüente encontrar as mariposas claras; mas o novo ambiente ampliou a freqüência das escuras.

Dizemos que as mariposas escuras estão adaptadas ao novo ambiente. Isto não significa que as mariposas claras quiseram se tornar escuras e, num passe de mágica, tenham se transformado. A população de mariposas claras não se transformou em escura para se adaptar, como normalmente as pessoas entendem. Já

havia um pequeno número de mariposas escuras antes do advento da poluição. Com o tempo, as mariposas claras morreram e as escuras se reproduziram.

1. Quais as diferenças existentes entre a idéia de adaptação evolutiva e a adaptação quando relacionada ao cotidiano?
2. Que diferença há em dizer: “um indivíduo se adaptou” e “a população está adaptada a”?
3. Como devem ter se originado as mariposas escuras na população de mariposas claras?

Um exemplo de adaptação

(adaptação do artigo: Friedman, MJ e Trager, W (1976). *Biochemistry of Resistance to Malária. Scientific American*)

A malária tem sido uma das maiores causas de morte ao longo da história. A mortalidade na infância chega a 50% dos nascimentos em algumas regiões da África. A malária se caracteriza por períodos de febre intensa, causada por um protozoário conhecido por *Plasmodium*, que penetra nas células vermelhas do sangue, onde se reproduz, destruindo-as. A liberação sincrônica dos protozoários de centenas de células causa a febre, a qual pode levar a pessoa à morte.

É interessante notar que nas regiões onde ocorre a malária é mais freqüente encontrar indivíduos que possuem uma outra doença, a anemia falciforme. Que relação pode existir entre a anemia e a malária?

A anemia falciforme é uma doença hereditária, ou seja, é transmitida dos pais para os filhos. Nos indivíduos normais, as células vermelhas são arredondadas. As pessoas homocigotas para a anemia falciforme possuem células do sangue que assumem a forma de foice em situações de estresse. Quando a quantidade de oxigênio é pequena, as células se modificam, tornando-se falciformes. Os indivíduos que possuem todas as células do corpo com esse tipo de característica tendem a morrer logo nos primeiros anos de vida.

Somente sobrevivem os indivíduos heterocigotos que possuem células normais e falciformes no seu sangue. Quando ocorre uma redução da quantidade de oxigênio em alguma região do corpo, parte das células do sangue se torna falciforme, mas não todas. Assim, ainda ocorre o transporte de oxigênio para os tecidos do corpo, garantindo a sobrevivência do indivíduo.

Foi descoberto que o *Plasmodium*, o protozoário causador da malária, não consegue sobreviver em células falciformes presentes no sangue. Então, nos indivíduos heterocigotos para anemia falciforme, o *Plasmodium* pode infectar uma célula, mas ele não consegue se reproduzir como nas células normais. As células infectadas podem se modificar, tornando-se falciformes e então o protozoário morre.

4. O que tende a acontecer com os indivíduos normais para o formato das hemácias quando vivem: a) em regiões de ocorrência de malária; b) em regiões não infectadas.
5. O que tende a acontecer com os indivíduos homocigotos e os heterocigotos para a anemia falciforme quando residem em regiões de ocorrência de malária? E quando vivem em regiões onde não ocorre a malária?
6. Uma população que vive em uma região de ocorrência de malária deve ter composição de indivíduos diferente de outra região. Qual característica devemos encontrar mais frequentemente entre os indivíduos que vivem em regiões onde ocorre a malária?
7. Quais indivíduos estão adaptados à região de incidência de malária?
8. O que podemos prever a respeito da frequência dos indivíduos normais, homocigotos e heterocigotos para a anemia falciforme em uma população que vive em uma região onde a malária fosse erradicada?

A sexta atividade foi proposta inicialmente por Bizzo (1994b). A idéia era refletir sobre o que são os fósseis, como eles são formados naturalmente e qual o significado biológico desses registros usando a estratégia didática da simulação. Embora planejada e descrita a seguir, esta atividade não foi aplicada e gravada como as outras. Ela foi demonstrada em por um grupo de estudantes na Feira de Ciências da escola, realizada alguns meses antes desta pesquisa.

Atividade 6: Montando um fóssil

(Nelio Bizzo, 1994. *Evolução dos seres vivos*. Editora Ática)

O objetivo desta atividade é simular a formação de fósseis de animais, para tanto, os estudantes devem ser subdivididos em grupos e cada equipe deve elaborar um protótipo de um animal. Cada equipe deve desenhar um animal, fazendo uma descrição do seu corpo, e elaborar uma história sobre como esse bicho vivia; onde ele habitava; do que se alimentava; quem eram seus inimigos naturais; como se reproduzia; enfim tudo a cerca desse bicho hipotético.

Em um pedaço de isopor, os estudantes devem modelar o animal pensado. Podem ser utilizadas giletes, estiletes, ou ainda lixas de unha. É difícil o manuseio do isopor, portanto, os modelos infelizmente não podem ser muito ricos em detalhes, como escama, patas, etc.

Em um recipiente plástico (como pote de margarina), ou um pote de papelão (como o de leite), deve ser fixado o modelo em isopor. Este modelo deve ser levemente perfurado pela ponta de um lápis velho e no outro lado, por um pedaço de espeto. O lápis e o espeto devem ser passados através do recipiente plástico, pois assim o modelo estará fixo. A montagem deve ser coberta por uma massa de cimento e areia preparada na proporção de um copo de cimento para três de areia. Deixando-a secar por um ou dois dias.

O recipiente de plástico deve ser cortado, sendo o lápis e espeto retirados. A montagem deve ser levada para uma fonte de calor (fogueira, churrasqueira) e lá deve permanecer tempo suficiente para derreter o isopor. Esta etapa representará a decomposição do corpo do animal, neste caso, por efeito do calor.

Uma massa de gesso estuque, água e corante deve ser introduzida com auxílio de uma bsnaga no orifício deixado pelo lápis. Esta etapa representará a substituição do espaço deixado pelo animal por minerais. Após alguns dias, a massa secará e o fóssil estará pronto para ser descoberto. A rocha deve ser forçada até que se rompa. O fóssil poderá ser então analisado.

Os fósseis devem ser trocados entre os grupos e cada equipe tentará resgatar a história daquele animal a partir das características observadas no molde.

A sétima atividade tratava das evidências do processo evolutivo, e foi elaborada considerando o relato de Moore (1984). Muitas questões propostas requeriam que os estudantes dissessem como os conhecimentos científicos são produzidos e o que eles entendiam por "explicação científica". Dessa maneira, os estudantes se preparariam para enfrentar a atividade seguinte na qual se discutiria as diferenças existentes entre o conhecimento científico e o religioso. Contudo, o texto referente à atividade foi oferecido para leitura como "lição de casa", sendo retomados na aula seguinte somente alguns aspectos.

Na oitava atividade foram discutidas idéias relacionadas à evolução e à religião, pautadas em uma publicação de Smith e colaboradores (1995) na revista *Science & Education*. Os estudantes foram convidados a pensar sobre as seguintes questões: o que distingue o conhecimento científico do religioso? Pode-se acreditar, crer na evolução? Todo cientista é ateu? Qual a relação entre religião e evolução?

Na última atividade, foram debatidas algumas frases que espelham confusões comuns oriundas da inserção distorcida das idéias evolutivas em veículos de divulgação assim como nas

conversas cotidianas. Por fim, os estudantes tinham de identificar concepções cotidianas presentes na descrição da história de uma empregada doméstica que lera *A origem das espécies*. Eles também tinham de justificar porque esse entendimento era diferente daquele aceito atualmente pela comunidade científica. Essa atividade concluiu a seqüência didática.

Atividade 8: Evolução/Religião/Sociedade
(Referência Smith, MU e col. (1995). Foundational Issues in Evolution Education. *Science & Education*, 4: 23-46)

Existe certa confusão quando tratamos das diferenças existentes entre o conhecimento científico e o religioso. As pessoas assumem que existe oposição entre eles. Nesta atividade, a proposta é pensarmos sobre algumas questões que freqüentemente os estudantes fazem aos professores quando estão estudando a teoria da evolução biológica. Dessa maneira, pensamos que talvez seja possível estabelecermos algumas diferenças entre Ciência e Religião.

8.1 – O que distingue o conhecimento religioso e o científico?

Religião e Ciência são dois caminhos para o conhecimento distintos, tanto um quanto o outro apresentam explicações, concepções e doutrinas a respeito do mundo que nos cerca. No entanto, esses conhecimentos são produzidos de maneira muito diferente.

O conhecimento científico toma como objeto de estudo o mundo natural, ou seja, a Ciência só pode explicar o que ocorre na natureza; o que pode ser observado; o que se vê, o que se pode tatear, ouvir, cheirar. Ou aquilo que se pode observar por meio de instrumentos, como microscópios ou telescópios. A Ciência não trata das questões místicas ou sobrenaturais. Não explica ou discute a existência de Deus, ou de espíritos, ou magias. E por que não? Os conhecimentos científicos são empíricos, ou seja, baseados em observações.

Todo conhecimento científico é uma tentativa de explicação sujeita à modificação. Não é infalível e não pode ser considerada como verdade absoluta. Uma idéia científica é aceitável na medida em que explica maior número de fatos. Quando as hipóteses são testadas e as previsões do pesquisador são confirmadas, a explicação é aceita pela comunidade científica. Ela é válida enquanto não é refutada ou substituída por uma explicação mais abrangente. Outro aspecto importante na produção de conhecimento científico está relacionado ao seu

mecanismo de comunicação e validação. Os pesquisadores têm de publicar suas idéias em revistas lidas por outros pesquisadores. Dessa maneira, os experimentos ou dados são reavaliados constantemente, assim como as próprias teorias.

O conhecimento religioso possui outras características. Ele parte de premissas (afirmações) que são consideradas como verdadeiras e daí todo o mundo é explicado. Esse conhecimento não parte de hipóteses testáveis, e não está sujeito à re-avaliação constante como ocorre na comunidade científica.

8.2 – Você acredita em evolução? Crê na evolução?

É inconcebível que alguém creia, tenha fé, acredite piamente em uma teoria científica. O que significa ter fé? Adesão total do homem a um ideal que o excede, à uma crença religiosa. As teorias científicas pressupõem a dúvida e a reflexão constantes. Os pesquisadores buscam falsear a hipótese, ou seja, demonstrar que uma idéia pode ser falsa. Se os testes de hipótese não a invalidam, então a comunidade reconhece esse novo conhecimento como válido.

A teoria evolutiva é aceita pela comunidade científica porque existe uma série de evidências a seu favor. Se não houvesse, a idéia teria sido descartada pelos pesquisadores. Dessa forma, ninguém deve ter fé na teoria evolutiva. Nós aceitamos a teoria como a explicação mais abrangente para a diversidade de seres vivos existente, e ela está sempre sendo re-analisada e re-avaliada quando são encontrados novos dados empíricos.

8.3 – Você acha que todo cientista é ateu, ou seja, não acredita em Deus ou não tem religião?

A Ciência não trata de questões sobrenaturais, portanto, não explica a existência ou não de Deus. Como são dois caminhos para o conhecimento distintos, não existira a princípio oposição em ser um pesquisador e ter algum tipo de vínculo religioso. Alguns pesquisadores são ateus, outros tantos católicos, espíritas, judeus ou protestantes. Não existe uma regra geral. Muitos biólogos, inclusive que tomam como objeto de estudo a teoria da evolução, podem freqüentar distintas comunidades religiosas em busca de um outro tipo de conhecimento. A escolha de uma religião depende muito mais da influência da família ou da história de vida da pessoa.

Devemos assumir, portanto, que existem diversas formas de conhecimento: religião, arte, folclore, culturas diversas. A Ciência é uma delas. É inadequado, portanto, assumir que todo cientista rejeita a crença religiosa, assim como todo líder religioso deva rejeitar o conhecimento oriundo da Ciência.

8.4 – O que pensar então a respeito de Deus? Da Bíblia?

Infelizmente, a teoria evolutiva não pode demonstrar a existência ou não de Deus. Nem tampouco dizer que ele é o Criador do Mundo, ou se o conhecimento bíblico é verdadeiro. Estas questões não podem ser respondidas pela Ciência, pois não pertencem ao mundo natural, não podem ser observadas ou testadas empiricamente.

A teoria evolutiva é um conjunto de conhecimentos que explicam a diversidade de formas de vida encontradas atualmente e no passado. A observação dos registros fósseis, a comparação morfológica e embriológica de diferentes espécies e, mais recentemente, as análises de compostos químicos, são procedimentos utilizados para compreender como surgiram e se diversificaram os seres vivos.

Reflexão 1: Pensamento Evolutivo e a Sociedade

A teoria evolutiva muitas vezes tem sido usada de maneira inadequada. Nesta atividade, vamos tentar identificar essas distorções. É importante compreender que podemos dizer que no passado havia seres vivos diferentes dos existentes hoje, pois observamos os fósseis. Todos os pesquisadores atualmente aceitam a idéia de que existiram formas de vida distintas das atuais. Da mesma maneira, compreendemos como surgem as características novas em função de mutações no DNA dos indivíduos, que se reproduzem e transmitem para os descendentes essas novas características. Podemos demonstrar que os indivíduos que foram submetidos à irradiação apresentam mutações.

No entanto, não podemos dizer que os seres vivos existentes hoje são melhores do que os do passado, mais desenvolvidos, mais importantes, ou superiores. Da mesma maneira que não podemos justificar as desigualdades sociais usando de maneira inadequada as idéias evolutivas. Esses são juízos de valor, que não são produto da atividade científica. Não são afirmações que podem ser testadas ou validadas. Embora muitas vezes vejamos pesquisadores utilizando essas expressões em contextos mais cotidianos.

Vamos supor que você esteja ouvindo uma conversa entre duas pessoas. Algumas frases dessa conversa estão descritas abaixo. Verifique se essas pessoas estão realmente falando sobre a teoria da evolução biológica, ou elas estão justificando aspectos da nossa vida social usando as idéias daquela teoria.

Frases:

1. Evolução é a modificação das espécies para melhor. É progredir.
2. O homem é mais evoluído que os outros seres vivos.

3. Só os animais evoluem, porque são inteligentes.
4. Se as pessoas progrediram na vida, conseguiram um emprego melhor, então elas estão evoluindo. Ter melhor condição de vida é evolução.
5. Os carros têm se modificado nestes anos. Os modelos são mais modernos. Os carros evoluíram.
6. As pessoas precisam se adaptar a vida que têm. Só os adaptados sobrevivem.
7. Na vida é assim: os melhores são selecionados naturalmente. Os fortes sobrevivem e os fracos devem morrer. É a seleção natural.

Reflexão 2: Leia essa história e tente responder as questões propostas
(Duveen, J e Solomon, J (1994). *JRST*, 31 (5): 575-82)

*História da vida de Eliza,
uma empregada doméstica que viveu na Inglaterra*

Eliza viveu na Inglaterra e agora trabalhou para a senhora Glen em uma quadra de casas ricas. Toda a vida, ela teve que lutar para sobreviver. Seus pais a enviaram para uma escola quando pequena, onde aprendeu a ler o que ela considerou uma fase divertida. Mas, aos 10 anos, teve que deixar a sua casa e escola, pois tinha que trabalhar. Seus pais não tinham condições de mantê-la.

Um dos seus irmãos nasceu com uma doença grave e morreu ainda quando jovem como todos os bebês doentes morrem. Como sua família não possuía condições financeiras, não se tentou salvar a vida do irmão.

Eliza ficou contente quando conseguiu emprestar uma cópia do livro do Darwin, conhecido como *A origem das espécies*. Ela leu o livro com grande interesse, pois o autor explica coisas que ela conhece bem: como a vida é dura, porque os bebês doentes morrem. Em casa ela tinha o costume de explicar as crianças mais jovens o porque das girafas terem o pescoço tão longo. Ela dizia que é porque elas têm que esticar muito o pescoço para atingir as folhas mais altas nas árvores, assim os filhotes de girafas acabam nascendo com pescoço mais longo. Isto faz com que eles sobrevivam melhor.

1. Você acha que a forma como Elisa entendeu as idéias contidas no livro de Darwin está coerente com as idéias aceitas na comunidade científica atualmente? Justifique sua resposta.
2. Você acha que as idéias evolutivas explicam ou querem explicar a condição de vida das pessoas, por exemplo, como diz Eliza “explica a vida dura, porque os bebês doentes morrem”?

3. Analise a explicação de Eliza sobre o longo pescoço das girafas. Essa explicação seria aceita pelos biólogos atualmente? Por quê?

DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADOS: AS ENTREVISTAS E AS AULAS

A coleta de dados foi realizada em uma escola estadual localizada no município de Osasco, região metropolitana de São Paulo. Nesta escola havia uma boa infra-estrutura, com um laboratório bem equipado, uma biblioteca sempre aberta aos estudantes e uma equipe de professores bastante engajada. Os estudantes amostrados pertenciam a uma classe do segundo ano do Ensino Médio.

O planejamento curricular seguiu parâmetros estabelecidos pela Cenp (Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas). Assim, os estudantes foram introduzidos aos conceitos relacionados à Ecologia no primeiro ano do Ensino Médio. No segundo ano, foram tratados conteúdos ligados à Citologia e, no momento em que foi realizada esta pesquisa, os estudantes estavam “aprendendo” conceitos relacionados à Genética. A direção da escola, na época, não indicou a adoção de nenhum livro didático, sendo utilizados os que eles tivessem em mãos ou os exemplares da biblioteca quando necessário.

Os estudantes do Ensino Médio foram convidados a participar de um “mini-curso” sobre evolução biológica com duração de quatro dias, sendo uma hora e trinta minutos por dia. Como as aulas seriam ministradas no laboratório da escola, local restrito para realizar gravação em vídeo, participaram somente dez alunos da classe. Esta participação foi voluntária e o curso ocorreu no ano de 1995.

Na semana anterior ao curso, foram realizadas as entrevistas semi-estruturadas com cinco estudantes que participariam do “mini-curso”. Somente três delas foram transcritas integralmente para análise, já que em duas delas os estudantes não responderam às questões adequadamente por limitação de tempo e espaço. Essas entrevistas foram realizadas na própria escola e tiveram duração de aproximadamente uma hora e trinta minutos cada uma.

Durante as pré-entrevistas, não houve a utilização de um roteiro de questões pré-estabelecido e ordenado. À medida que surgiam oportunidades de novos questionamentos, elas eram aproveitadas. Inicialmente, os estudantes foram convidados a falar

sobre suas vidas: as profissões dos pais, as atividades desenvolvidas durante as horas livres, se liam ou não jornais e revistas.

Após essa introdução, foi perguntado aos estudantes o que eles pensavam sobre a evolução dos seres vivos: o que você entende por evolução? Você já estudou esse assunto antes? Você poderia citar algum exemplo de evolução?

Na seqüência da entrevista, com o intuito de investigar se os estudantes acreditavam na herança de características adquiridas, foi perguntado: se uma pessoa fizesse musculação durante toda sua vida, isto poderia afetar os seus descendentes? Uma outra questão relacionada ao mesmo tema dizia que se fosse cortada a cauda de ratos por algumas gerações, se isto afetaria os descendentes, ou seja, os filhotes poderiam nascer sem cauda?

Além disso, ainda se conversou sobre os fósseis, como esses vestígios teriam surgido e se os estudantes acreditavam na possibilidade dos seres vivos terem se modificado ao longo do tempo. Se sim, como eles imaginavam que isto teria ocorrido.

As pós-entrevistas foram realizadas duas semanas após o “mini-curso”. Momento não muito oportuno, já que os estudantes estavam realizando as avaliações finais e estavam bastante cansados. Essas entrevistas não foram transcritas integralmente, somente os momentos mais significativos foram relatados. Os estudantes foram convidados a falar sobre o que eles acreditavam ter modificado na sua maneira de entender a evolução após a realização do “mini-curso”. Além disso, eles foram convidados a explicar dois problemas evolutivos: a resistência crescente das bactérias aos antibióticos, e a maior competência para corrida encontrada em felinos africanos atuais em relação aos seus ancestrais.

As aulas poderiam ser retratadas como diálogos entre os estudantes recortados por intervenções da professora/pesquisadora. E elas foram organizadas da seguinte maneira:

- 1) Na primeira aula foi utilizada a atividade inicial da seqüência didática, ou seja, discutido o conceito de evolução.
- 2) A segunda versou sobre os conceitos de variabilidade e mutação (atividades dois e três da seqüência didática).
- 3) A terceira, sobre seleção e adaptação – atividades cinco e seis.
- 4) A última aula tratou dos aspectos sociais e da natureza da atividade científica (atividade oito).

Alguns alunos, talvez devido ao vínculo já construído com a professora, falavam sobre suas idéias espontaneamente e explicitavam muitas dúvidas. Outros, conservando a postura de sala de aula, mantiveram-se calados durante praticamente todo curso.

O conteúdo das aulas foi transcrito integralmente para análise, assim como as entrevistas. Houve uma adequação da linguagem para que a leitura fosse facilitada. Assim, expressões muito usadas pelos estudantes no discurso oral como “tá”, “né”, “entendeu”, “tipo” etc. foram extraídas. Além disso, muitas construções, nas quais havia erros de concordância verbal e nominal, por exemplo, foram reformuladas para que não confundissem o leitor. Essas transcrições constituíram o conjunto de dados cuja análise será descrita no próximo capítulo.

CAPÍTULO III

“ABRINDO A PORTA DA SALA DE AULA”: AS IDÉIAS DOS ESTUDANTES SOBRE A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA AO LONGO DOS MOMENTOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM