

SÍLVIA NOGUEIRA CHAVES 298

**EVOLUÇÃO DE IDÉIAS E IDÉIAS DE EVOLUÇÃO:
A Evolução dos seres vivos na ótica de
aluno e professor de Biologia
do ensino secundário**

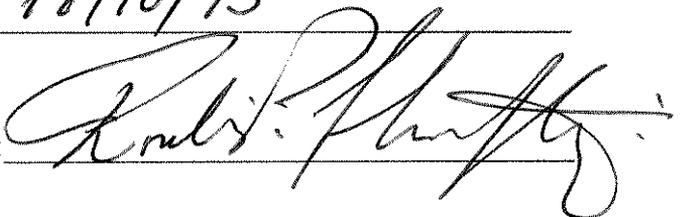
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
1993

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Educação na Área de Concentração: Metodologia do Ensino à Comissão Julgadora da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, sob a orientação da Profa. Dra. Roseli Pacheco [Schnetzler.]†

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação defendida por **SÍLVIA NOGUEIRA CHAVES** e aprovada pela Comissão Julgadora em 18/10/93.

Data: 18/10/93

Assinatura: 

Comissão Julgadora

Roberto P. H. G.

Maria Lúcia

Beatriz Calvente

RESUMO

Este trabalho investiga um processo de ensino-aprendizagem de Evolução no qual concepções do professor e de seus alunos foram identificadas e analisadas.

O processo foi desenvolvido em uma sala de aula de 2º ano de Biologia, de uma escola pública estadual de ensino médio da cidade de Belém (PA).

As concepções de Evolução, dos 24 alunos, foram identificadas antes, durante e ao final do período de instrução através de questionários, entrevistas e resolução de exercícios. Quanto às concepções do professor, estas foram detectadas através de entrevistas e da observação e análise das seis aulas por ele ministradas.

Os resultados da investigação apontam um nítido antagonismo entre as concepções prévias dos alunos e as aceitas atualmente pela Ciência. A análise do processo ensino-aprendizagem evidenciou que ao final do período de instrução, as concepções prévias e errôneas dos estudantes, sobre Evolução, foram mantidas.

Razões para tal são atribuídas ao fato da prática pedagógica do professor ser centrada no modelo transmissão-recepção, bem como à deficiências no domínio do conteúdo específico.

Tais constatações sugerem a necessidade de se promover mudança conceitual nos alunos e no professor, tanto no que diz respeito ao conhecimento científico quanto no conhecimento pedagógico, a fim de que o processo de ensino-aprendizagem possa constituir uma atividade significativa para alunos e professor.

Aos meus pais, que me possibilitaram as condições para, nesta jornada terrestre, evoluir.

Aos professores de Biologia, com a esperança de que possamos "mudar a cara" do ensino desta Ciência.

AGRADECIMENTOS

Aos alunos e professores que participaram desta pesquisa, pela disponibilidade e confiança depositada ao exporem suas idéias e ações.

A Secretaria Estadual de Educação do Pará e à Fundação Educacional do Estado do Pará, pela licença concedida para cursar o mestrado.

À CAPES pelo apoio financeiro em forma de Bolsa de Estudo.

À Andréa Horta Machado e Luiz Otávio Amaral, pela significativa contribuição ao capítulo "A Evolução das Idéias" e pela presença fraterna durante a confecção deste trabalho.

Aos profs. Hilário Fracalanza, Graça Cicillini e Mariley Gouveia, pelas contribuições que permitiram maior aprofundamento na análise dos dados.

À querida família Randi especialmente a Sr^a Terezinha Randi pelo carinho dispensado, que tornou mais suave minha adaptação em Campinas.

À minha irmã Yolande Chaves pelo auxílio prestado na transcrição de parte dos dados desta pesquisa.

A Cely Nunes que dividiu comigo a saudade do Vatapá, do Açaí, das mangueiras e do calor da nossa querida Belém do Pará.

Ao amigo Jorge Ivan Porto pelo incentivo dado a meus primeiros "passos" na pós-graduação.

À amiga e xará Sylvia Helena Silva, pelo carinho e disponibilidade de ler e discutir as "idéias" desta pesquisa e pelos momentos compartilhados nesta árdua, mas gratificante tarefa de nos fazermos pesquisadoras.

À Dinair Leal da Hora pela preciosa contribuição na discussão e revisão do texto desta pesquisa.

Aos amigos que perto ou longe estiveram presentes através de suas preces e incentivos fraternos.

À profª Rosália Maria Ribeiro de Aragão por ter possibilitado meu primeiro contato com a teoria construtivista o que desencadeou a mudança conceitual que me trouxe até este momento.

À Nazário Messias Jr. pela disponibilidade de confeccionar as ilustrações dos questionários.

À amiga e orientadora profª Drª Roseli Pacheco Schnetzler pela orientação precisa e pela confiança depositada quando aceitou o desafio conjunto de abordar uma temática tão polêmica e complexa quanto é a Evolução dos seres vivos.

À minha mãe pela dedicação e pelos exemplos que, nesta vida, nortearam minha evolução moral e intelectual.

À Deus que esteve presente em cada palavra de incentivo ouvida e "materializado" no esforço e perseverança que me levaram a concluir mais esta etapa de vida.

SUMÁRIO

LISTA DE ANEXO	<i>i</i>
APONTANDO OS CAMINHOS	01
CAPÍTULO I - A EVOLUÇÃO DAS IDÉIAS	05
1.1. No Ensino de Ciências	05
1.2. No Ensino de Evolução	12
1.3. No Conhecimento Científico	20
CAPÍTULO II - CONSTRUINDO O PERCURSO	33
2.1. A Entrevista com o Professor	34
2.2. O Questionário dos Alunos	36
2.3. A Entrevista dos Alunos	37
2.4. Sala de Aula: a evolução de um caso	38
2.5. A Análise dos Dados: o caminho percorrido	39
CAPÍTULO III - AS IDÉIAS DE EVOLUÇÃO	43
3.1. A Dinâmica da Sala de Aula: Pista Inicial	44
3.2. A Ciência e sua Construção: A "lente" do professor	47
3.3. Recombinando as Idéias	53
VISLUMBRANDO HORIZONTES, MANTENDO A UTOPIA, PROSSEGUINDO A CAMINHADA	87
BIBLIOGRAFIA	93

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Roteiro da Entrevista do Professor de Biologia

ANEXO II - Questionário Piloto

ANEXO III - Questionário Definitivo

ANEXO IV - Tarefas Propostas para os Alunos Durante as Aulas

ANEXO V - Tarefa Proposta para os Alunos ao Final do Período de Instrução

*"A Ciência sem a Religião é manca a Religião sem a
Ciência é cega."*

Albert Eistein

*"O verdadeiro belo da natureza é a sua amplitão; ela
existe, mas não para nós nem por causa de nós, e possui
um poder de sustentação que nem todo o nosso arsenal
nuclear pode destruir (embora possa facilmente destruir-
nos raquíticas criaturas)."*

Stephen Jay Gould

APONTANDO OS CAMINHOS

Este trabalho é fruto de reflexões pessoais acerca do processo de ensino-aprendizagem de conteúdos científicos ao longo dos últimos oito anos.

Tais reflexões têm nos levado a questionar a validade do ensino usual de Ciências, mais especificamente de Biologia, para a apropriação do conhecimento científico pelos estudantes. Isto porque, tal ensino tem se configurado como desarticulado e estanque, conduzindo, por vezes, à formação de concepções distorcidas de Ciência, na qual os conteúdos são apresentados de forma descontextualizada e ahistórica, possibilitando ao estudante a crença de que se constituem conhecimentos prontos, verdadeiros e portanto inquestionáveis.

Ao lado disso, percebemos que o ensino usual de Biologia está calcado no modelo psicopedagógico transmissão-recepção, vez que, na sala de aula, o "*professor é o agente ativo, já que fala 90% do tempo para tentar 'passar' ou 'cobrir' o conteúdo para os alunos, os quais devem passivamente internalizá-lo e reproduzi-lo nas avaliações*" (Schnetzler, 1993a). Assim, a adoção de tal modelo de ensino, implica a desconsideração, por parte do professor, das pré-concepções dos estudantes, construídas geralmente em ambiente não escolar, bem como, a importância destas no processo de construção do conhecimento biológico, por parte dos alunos.

Ausubel (1976) aponta para a necessidade de se conhecer as concepções dos alunos acerca do conteúdo a ser ensinado quando diz:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria que o fator isolado mais importante, influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso, e ensine-o de acordo.

Nesta perspectiva é que as investigações sobre ensino de Ciências vêm concentrando sua atenção nas duas últimas décadas. Para se ter uma noção mais precisa do montante de estudos realizados dentro deste enfoque, somente entre os anos de 83 a 90 foram catalogadas

cerca de 1.400 pesquisas referentes às concepções de alunos sobre os mais diversos conteúdos de Química, Física e Biologia (Pfundt e Duit, 1991).

Os resultados destes estudos têm apontado distanciamentos ou antagonismos entre as concepções apresentadas pelos estudantes e as cientificamente aceitas implicando, portanto, a necessidade de se conceber o processo de ensino como promotor de mudança conceitual nos alunos.

Neste sentido, inúmeras estratégias que propiciem tal mudança foram sugeridas tendo por base as pré-concepções dos estudantes (Driver e Oldham, 1988; Posner e col., 1988; Hourcade e Rodriguez, 1988; Giordan e De Vecchi, 1988).

No entanto, entendemos que para que se encaminhe o processo de ensino-aprendizagem na perspectiva de promoção de mudança conceitual, conhecer as pré-concepções dos estudantes é essencial, porém não suficiente. Para isso, é fundamental que se conheça também como pensam os professores acerca dos conteúdos que ensinam. Isto porque, o pressuposto assumido pelos pesquisadores em Ensino de Ciências, nos anos iniciais do movimento das concepções alternativas (MCA) de que as concepções dos professores refletem as idéias cientificamente aceitas, tem sido posto em questão nos últimos anos. Tal pressuposto é que justifica o fato da literatura sobre MCA evidenciar somente a realização de 63 pesquisas sobre concepções de professores frente às 1.400 que centraram atenção nas idéias dos alunos no período de 1983 a 1990.

Por sua vez, no que diz respeito ao tema investigado neste trabalho, a seleção bibliográfica elaborada por Pfundt e Duit (1991) indica no período de 1975 a 1990 somente o registro de 11 pesquisas relativas à concepções de alunos sobre EVOLUÇÃO (Deadman, 1978; Brumby, 1979; Subbarini, 1983; Brumby, 1984; Jungwirth, 1975; Engel Clough e Wood-Robinson, 1985; Jimenez e Fernandez, 1987; Albaladejo e Lucas, 1988; Halldén, 1988; Lawson e Thompson, 1988; Bishop e Anderson, 1990) e uma única (Bloom, 1989) onde concepções de professores nela investigadas não refletem as idéias científicas atualmente aceitas sobre aquele tema.

Quanto às pesquisas brasileiras, localizamos apenas duas onde concepções de Evolução são analisadas (Cicillini, 1991; Bizzo, 1991). Em ambas, tais concepções foram extraídas

das análises de livros didáticos mais utilizados no ensino médio de Biologia, sendo que investigações sobre como os alunos compreendem tal tema foram também incluídas no trabalho de Bizzo (1991).

Além da escassez de pesquisas que tratem de concepções sobre o conteúdo de Evolução, constata-se ainda, que nos programas e livros didáticos de Biologia, dirigidos ao ensino médio, tal conteúdo é um dos últimos temas abordados podendo, inclusive nem ser trabalhado, caso o professor não consiga "vencer" os assuntos que o antecedem.

Este quadro evidencia o "descaso" com que vem sendo tratado um dos conteúdos mais importantes da Biologia pelo seu caráter articulador do conhecimento biológico.

Isto porque julgamos que a adoção de uma abordagem evolutiva no ensino de conteúdos biológicos, pode propiciar uma visão menos estanque, mais dinâmica e articulada para o ensino da "vida".

No entanto, entendemos, também, que a proposição de sugestões que catalisem soluções para os problemas apontados devem emergir da análise das concepções de ambos os sujeitos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem - alunos e professor - no "palco" onde esse processo se concretiza - a sala de aula.

Nesta perspectiva é que centramos nossa atenção na investigação de um processo de ensino-aprendizagem de Evolução, objetivando analisar as concepções manifestadas por 24 (vinte e quatro) alunos e pelo professor naquele processo, que se desenvolveu em uma sala de aula do ensino secundário de Biologia de uma escola pública estadual da cidade de Belém (PA).

Para o acompanhamento daquele processo, detecção e análise das concepções dos alunos e professor sobre Evolução foram construídas e percorridas várias etapas de investigação, as quais são apresentadas e discutidas no Capítulo II deste trabalho, enquanto a análise e discussão de seus resultados estão contidas no Capítulo III.

Para orientar a adoção de procedimentos metodológicos e a análise dos resultados obtidos constrói-se, no Capítulo I, um referencial teórico que contempla princípios e pressupostos construtivistas, uma revisão das pesquisas sobre ensino de Evolução e um histórico da construção da teoria Evolucionista.

Apoiados nos resultados advindos das reflexões, análise e discussões a respeito do estudo de caso aqui investigado, apontamos, no nível das considerações finais, alguns subsídios norteadores para que o ensino de Evolução e de Biologia, em geral, tenham a possibilidade de assumir uma dimensão mais significativa para alunos e professores.

CAPÍTULO I

A EVOLUÇÃO DAS IDÉIAS

1.1. No Ensino de Ciências

Em termos de Educação em Ciências, as décadas de 60 e 70 foram marcadas por uma ampla reforma curricular, onde projetos como: Biological Science Education Studies (BSCS); Chemical Education Material Study (CHEM); Physical Science Study Committee (PSSC); NUFFIELD, PREMEM etc., foram elaborados com o propósito de recuperar a defasagem existente entre os progressos da sociedade industrial e os obsoletos programas de Ensino de Ciências até então vigentes (Krasilchik, 1989; Santos, 1991).

A ênfase da reforma recaía, principalmente, sobre a "vivência" do método científico, que tinha por objetivo associar o modo de produção do conhecimento científico ao ato de se aprender Ciências. Desta forma, o foco do Ensino de Ciências foi deslocado de um corpo de conhecimentos prontos, para um método que gera e valida tais conhecimentos (Santos, 1991).

No cerne do movimento de reforma curricular surge o modelo de "aprendizagem por descoberta". Tal modelo baseia-se na concepção de que o aluno ao repetir os procedimentos adotados pelo cientista na elaboração do conhecimento científico, (re)descobrirá, por si mesmo, os conceitos e interpretará os fenômenos chegando às mesmas conclusões cientificamente aceitas.

Nesta perspectiva, acreditava-se que retirando-se o estudante da "passividade do ouvir" para a "atividade do fazer", se estaria propiciando, ao aluno, uma elaboração mental e, conseqüentemente, a compreensão de conceitos e fenômenos naturais. Entretanto, tal concepção mostrou-se enganosa, uma vez que, "movimentar as mãos, não significa necessariamente "movi-

mentar as idéias".

No final da década de 70 e início de 80, as propostas curriculares, já então consolidadas, começam a sofrer abalos. Severas críticas são feitas a elas, entre as quais destacam-se duas:

1. a preocupação excessiva com o ensino da estrutura lógica do conteúdo científico sem que se tenha refletido sobre a estrutura e o conteúdo do pensamento dos estudantes (Santos, 1991).
2. a mitificação do "método científico" como única forma de se chegar à verdade, levando a uma concepção empírico/indutivista de Ciência.

A crescente desestabilização destas propostas curriculares decorrentes das críticas mencionadas e os acirrados debates sobre a qualidade do ensino das ciências, fazem emergir uma nova fase na educação científica. Tal fase, é caracterizada por uma mudança de concepção frente a três elementos básicos do processo ensino-aprendizagem, i. é, o aluno, o conhecimento e o professor.

Nesta nova perspectiva, há uma valorização do aluno como "sujeito interpretativo", i. é, aquele que "decifra o saber de acordo com suas idéias, crenças e sistemas de valores" (Santos, 1991, p.15). Desta forma, passa-se a considerar o aluno como um indivíduo que já traz para a escola toda uma vivência prévia que influencia na forma como percebe e interpreta os fenômenos do mundo natural, deixando portanto, de ser uma "caixa vazia" a ser preenchida com informações (Driver e Oldham, 1988).

Neste sentido, o conhecimento deixa de ser um corpo de idéias fixas, imutáveis e verdadeiras, quase divinas, passando a ser considerado como produto de atividade humana impregnado de valores e costumes de cada época, alterando-se a cada novo contexto, sendo, portanto, mutável, temporário e passível de questionamento.

Por fim, o professor deixa de ser um mero transmissor de "verdades" para ser um facilitador do processo de interação das idéias dos alunos com o conhecimento científico, estimulando-os a (re)construir tal conhecimento, atribuindo-lhe significado (Driver e Oldham, 1988).

Esta mudança de enfoque, frente a estes três elementos do processo ensino-aprendizagem, caracteriza o movimento construtivista no Ensino de Ciências.

Este movimento, propõe uma aprendizagem significativa - "onde novos conhecimentos interagem com idéias ou proposições relevantes já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz - em detrimento de uma aprendizagem mecânica em que novos conceitos são arbitrariamente armazenados pelos estudantes" (Ausubel, 1976; Novak, 1981; Driver e Oldham, 1988).

Partindo desse pressuposto, as pesquisas sobre concepções prévias dos alunos acerca dos mais variados conteúdos científicos multiplicaram-se na década de 80 (vide Seleção Bibliográfica elaborada por Pfundt e Duit, 1991). Os resultados destes estudos, apontam para alguns aspectos característicos das concepções alternativas dos estudantes, que devem ser considerados para que o processo de ensino possa gerar uma mudança conceitual (Driver e Oldham, 1988; Gil Pérez, 1986; Hashweh, 1986; Nussbaum, 1989; Santos, 1991). São eles:

- As idéias alternativas são de natureza estruturada, ou seja, constituem-se como um corpo organizado de conhecimentos solidários de uma estrutura;
- São freqüentemente diferentes das concepções cientificamente aceitas;
- Muitas vezes assemelham-se a concepções já ultrapassadas dentro da história da ciência;
- São dotadas de uma coerência interna;
- São resistentes a mudanças e;
- por isso, freqüentemente perduram para além da aprendizagem formal.

Considerando tais características e, considerando ainda, que o objetivo do Ensino das Ciências é promover uma "aproximação" das idéias dos alunos com as da ciência, visando a apropriação destas pelos estudantes, supomos pertinente pontuar algumas divergências apontadas por Santos (1991) entre a natureza das concepções alternativas e a das idéias científicas, a fim de subsidiar a discussão de possíveis estratégias geradoras de mudança conceitual:

- a concepção alteranativa baseia-se numa lógica de atributos e a científica numa lógica de relações;

- a concepção alternativa é uma explicação pessoal, o conceito científico é uma construção socializada;
- a capacidade preditiva das concepções alternativas limita-se a fenômenos da vida, corrente enquanto que as científicas ultrapassam nossa capacidade de observação natural;
- a concepção alternativa vincula-se diretamente a uma causalidade linear, enquanto o conceito científico liga-se a uma complexa rede de relações causais;
- a concepção alternativa liga-se diretamente a explicações egocêntricas, pragmáticas, antropomórficas, enquanto o conceito científico desenvolve-se no sentido de uma objetivação crescente;
- as concepções alternativas são influenciadas pela linguagem do dia a dia. Na construção do conhecimento científico são utilizadas uma linguagem e uma superestrutura matemática específicas.

Diante disso, podemos depreender que a tarefa de "aproximar" as concepções dos estudantes às concepções cientificamente aceitas, i. é, de promover mudança conceitual, não é fácil. Porém, muitos estudos (Hewson, 1981; Strike e Posner, 1982; Giordan e De Vecchi, 1988; Gil Pérez, 1986; Hourcade e Rodriguez, 1988; Hashweh, 1986) já apontam estratégias de ensino com este propósito.

Há, na literatura, um consenso em relação a quatro condições, propostas por Posner e col. (1982), que devem ser preenchidas quando se visa mudança conceitual nos alunos:

- i)* O estudante deve sentir-se insatisfeito com sua concepção, para que pense em modificá-la;
- ii)* A nova concepção apresentada deve ser inteligível;
- iii)* Além disso deve ser plausível e;
- iv)* Frutífera.

A primeira condição, i. é, a insatisfação com as próprias concepções, é geralmente a mais difícil de ser atingida, dada à natureza estruturada e o poder explicativo que tais idéias têm para os estudantes.

Desta forma, para que o aluno seja estimulado a abandonar ou substituir suas idéias prévias, é necessário que nele se instaure um "conflito cognitivo". Em outras palavras, o professor deve propor situações problema cuja resolução não seja possível pela aplicação das idéias dos alunos.

A instauração do conflito é apenas o primeiro momento rumo a mudança conceitual, pois a construção de uma nova idéias não ocorre de forma instantânea, mas sim, ao longo de um processo (Schnetzler, 1993a). Logo, uma vez instaurado o conflito é essencial que as idéias dos alunos sejam sistematicamente confrontadas com as da ciência. Essa estratégia tem por finalidade provocar uma redução na estabilidade, ou no status, da concepção prévia do aluno, aumentando o status da nova concepção apresentada pelo professor (Pines e West, 1986), incrementando, assim, o potencial de plausibilidade e de frutificação da concepção cientificamente aceita, tendendo a uma substituição das primeiras por esta.

Entretanto, como bem aponta Schnetzler (1993a), essa substituição, que implica muitas vezes em rupturas com as idéias anteriores, não significa um descarte das pré-concepções mesmo por que, como diz Bachelar, (in: Santos, 1991, p. 152):

O abandono de concepções anteriores, quase que inevitavelmente, nunca é total.

Desta forma, a mudança conceitual constitui muito mais uma reelaboração e ampliação das idéias prévias rumo as científicas, do que propriamente um abandono daquelas.

Alguns autores como Gil Pérez (1986), apontam para a necessidade de se promover também mudança metodológica, além da mudança conceitual, e sobre isso diz:

a principal dificuldade para uma correta aquisição de conhecimentos científicos não reside na existência dos esquemas conceituais alternativos ou concepções intuitivas, mas na metodologia da superficialidade que está na sua origem. (p. 12)

Neste sentido, supõe-se que o principal obstáculo à mudança conceitual não está especificamente nas pré-concepções dos alunos, mas sim na forma deles compreenderem os fenômenos.

Na base deste raciocínio, está a indissociabilidade conteúdo/forma. Portanto, não basta haver uma mudança no conteúdo das concepções alternativas dos estudantes. É fundamental que haja também mudança na forma de construí-las. Deste modo, haveria uma substituição da "metodologia da superficialidade", onde os conhecimentos são construídos a partir de aspectos óbvios da percepção (Gil Pérez, 1986), pela "metodologia da racionalidade", onde as observações são mediadas por teorias.

É neste sentido que algumas pré-concepções de estudantes encontram paralelos nas teorias já ultrapassadas na história do conhecimento científico. Tais paralelismos possivelmente são devidos às formas semelhantes de abordagem dos fenômenos naturais pelos alunos e pelos cientistas de outrora, ambas radicadas em evidências do senso-comum (Pérez e Carrascosa, 1985).

Deste modo, é comum encontrar alunos (e até professores) que entendem o processo de Evolução dos seres vivos semelhantemente ao proposto, no século XVIII, por Lamarck em sua teoria.

Assim, a mudança conceitual deve vir acompanhada também de mudança metodológica, onde não só o conteúdo das idéias seja transformado, mas também as formas de construção destas.

Até o momento, vínhamos nos detendo na análise da natureza das concepções prévias dos alunos e em estratégias que propiciassem a transformação destas. Entretanto, há que se considerar um outro elemento importante a ser analisado - o professor e suas concepções. Pois, se por um lado, a natureza e a forma de construção das concepções alternativas dos alunos constituem obstáculos à mudança conceitual, o que dizer então das concepções dos professores?

As pesquisas sobre concepções, na última década, deram grande ênfase às idéias dos estudantes, deixando uma lacuna no que diz respeito às concepções dos professores (Pfundt e Duit, 1991). Pode-se considerar que a elucidação das concepções dos alunos é fundamental para que

se promova mudança conceitual, entretanto, isto por si só não é suficiente.

Parece, que se tem assumido, tacitamente, que há isomorfismo entre as concepções dos professores e as da Ciência. Entretanto, algumas pesquisas (Bloom, 1989; Machado, 1992; Romanelli, 1992) e nossas experiências têm demonstrado que tal suposição nem sempre se concretiza.

Há pouco tempo atrás, quando ministrávamos um curso para professores de Ciências, a concepção de que a parte habitada da Terra situava-se no interior e não na superfície do planeta foi claramente manifestada. Nestes termos, os professores apresentaram idéias semelhantes à de alunos como algumas apontadas pela literatura (Nussbaum, 1985).

Tal fato pode refletir a má qualidade da formação dos professores e demonstrar ainda, que um prolongado período de estudos acadêmicos não constitui uma garantia de que as concepções alternativas dos professores tenham sido substituídas pelas idéias cientificamente aceitas.

Possivelmente, esses professores quando alunos, tenham sido submetidos ao mesmo ensino verbalista tão comum em nossas instituições de ensino. É tal verbalismo que muitas vezes "mascara a persistência das concepções alternativas" (Sutton, 1980, Santos, 1991).

Desta forma, o professor conclui sua formação acadêmica na Universidade com concepções semelhantes às que apresentava quando ali ingressou e, na vida profissional "livre das amarras" do academicismo verbalista, deixa fluir na sala de aula suas próprias concepções alternativas, agora já com status de "científicas".

Diante disso, e por considerarmos que só se pode entender a dinâmica da sala de aula se levarmos em conta os três elementos do processo ensino-aprendizagem - aluno, conhecimento, professor - e a interação que se estabelece entre eles, é que nos propusemos a analisar as concepções de aluno e professor de Biologia sobre o conteúdo de Evolução.

1.2. No Ensino de Evolução

"A criação, segundo um padrão estático, não é mais nem menos teísta que a criação por um processo histórico." (Simpson, 1962, p. 262). Assim, a existência de um universo dinâmico, onde as coisas e os seres se transformam ao longo do tempo, não é incompatível com a crença em um Ser criador deste universo.

Essa é uma idéia compartilhada por razoável número de cientistas, filósofos e religiosos, entre eles, Newton Freire Maia, Theodozius Dobzhansky, Jean Guitton, Grichka-Igor Bogdanov e Theilhard de Chardin.

A despeito disso, a polêmica Criacionismo/Evolucionismo ainda perdura na sociedade, sendo que muitas vezes o conflito se evidencia no meio escolar, principalmente nos E.U.A. país de tradição religiosa marcadamente Protestante.

Neste contexto, o episódio mais famoso desta polêmica (Criacionismo/Evolucionismo), no meio escolar, foi o julgamento do professor John Thomas Scopes⁰, em 1925; Scopes, professor de ciências no estado do Tennessee foi condenado por infringir a lei (vigente também em outros estados norte-americanos) que proibia o ensino de Evolução nas escolas, sendo absolvido, posteriormente devido a um erro jurídico no processo que o condenou.¹

Somente em meados da década de 60 é que essa lei foi julgada inconstitucional, para desagrado dos fundamentalistas.²

Inconformados com a decisão judicial, os fundamentalistas empenharam-se em elaborar uma nova estratégia que diminuísse o "status" do conteúdo de Evolução nas escolas. Essa

⁰ O episódio foi transformado em filme "The Monkey's Judgement", traduzido no Brasil, salvo engano, com o título "O vento será sua herança".

¹ Uma descrição detalhada sobre o caso, pode ser encontrada em: GOULD, S.J. (1992) A galinha e seus dentes. Rio de Janeiro, Paz e Terra. p. 263-296.

² Os Protestantes fundamentalistas são conhecidos pela adoção de uma leitura literal da Bíblia, na qual as Escrituras são interpretadas como se referindo aos dias atuais, sem buscar seus significados no contexto de sua época.

consistia em "assegurar, por meios legais, igual tempo para o ensino do Gênesis, sempre que a teoria da Evolução fosse abordada" (Lima, 1988, p. 30).

A derrocada dessa nova lei começou em janeiro de 1982 quando, em uma célebre vitória sobre os fundamentalistas, o Juiz William R. Overton, baseado na Constituição norte-americana, decidiu anulá-la no Estado de Arkansas.³

A decisão do Juiz Overton obteve tanta repercussão que encorajou outros Estados, por exemplo, o de Louisiana a tomar semelhante medida (Gould, 1992b).

A "vitória final" dos evolucionistas foi alcançada em junho de 1987 quando a Suprema Corte dos Estados Unidos anulou, por sete votos contra dois, a estratégia legislativa dos fundamentalistas sobre o ensino de Evolução (Gould, op. cit.).

Todavia, tal "vitória" parece ter sido apenas legislativa, pois a polêmica continua no âmbito da sociedade civil norte-americana.

Grande parte das pesquisas publicadas sobre ensino de Evolução, apresenta como "cerne motivacional", algumas vezes camuflado, a polêmica Criacionismo/Evolucionismo.

As pesquisas de Anton Lawson em parceria com Thompson (1988), Weser (1990) e Worshop (1992) tratam, basicamente, da mesma temática, i. é, da relação entre habilidades de raciocínio formal e a rejeição de crenças não científicas, entre elas o criacionismo, por parte dos alunos pesquisados.

As conclusões nos três trabalhos são bastante semelhantes. Com base em testes psicométricos, os autores apontaram que a crença em teorias não científicas, como a herança dos caracteres adquiridos, o vitalismo ou o criacionismo, foi mais freqüente entre os alunos que apresentaram menor habilidade de raciocínio formal.

Implícito nestas conclusões, parece encontrar-se o pressuposto de que pessoas que acreditam no Criacionismo, por exemplo, têm níveis de desenvolvimento cognitivo mais baixo que

³ Essa decisão foi bastante comemorada no meio científico, o que lhe valeu uma publicação integral no *The American Biology Teacher*, vol. 44, nº 3, Março 1982.

aquelas que crêm no Evolucionismo. Utilizando um silogismo, poderíamos resumir esse pressuposto da seguinte forma: a crença em teorias não científicas reflete um baixo nível de raciocínio formal; o Criacionismo é uma teoria não científica; logo, quem crê no Criacionismo tem baixo nível de raciocínio formal. Essa seria uma boa maneira de legitimar uma idéia preconceituosa, caso a primeira premissa não estivesse incorreta.

O célebre geneticista Newton Freire Maia é declaradamente criacionista e já demonstrou em suas diversas obras que está longe de ter um baixo nível de raciocínio formal.

A nosso ver, esse tipo de pesquisa, no qual se enquadram as efetuadas por Lawson e colaboradores, é tão problemático quanto o fato dos fundamentalistas quererem evitar o ensino de Evolução nas escolas.

A questão religiosa parece ter, também, motivado a realização da pesquisa de Grose e Simpson (1982). Adotando método estatístico na análise de respostas de 120 alunos universitários do curso introdutório de biologia, obtiveram como principais resultados um percentual elevado (54%) de aceitação da teoria da Evolução pelos alunos e uma forte influência religiosa sobre a não aceitação desta teoria por parte dos demais alunos. Os autores acreditam, também, que há uma certa influência do ensino secundário sobre a aceitação da Evolução entre os alunos.

Por sua vez, Bishop e Anderson (1990), apesar de mencionarem a questão religiosa, centram sua pesquisa na análise das concepções de 110 estudantes de nível superior (área de humanidades) acerca do mecanismo de seleção natural e dos fatores responsáveis pelo processo evolutivo.

Analisando as concepções dos alunos antes e após o período de instrução, os autores visaram avaliar os efeitos do ensino sobre tais concepções. Além disso, Bishop e Anderson analisaram até que ponto a crença ou não na Evolução dos seres vivos afetava o entendimento do processo evolutivo pelos alunos.

Os resultados da pesquisa indicam que é muito pequena a influência que a crença na Evolução exerce sobre a compreensão do processo evolutivo; que as idéias dos estudantes acerca dos mecanismos evolutivos distanciam-se bastante das concepções atualmente aceitas pela

Ciência e que mesmo após o período de instrução, aquelas idéias perduraram.

Tais resultados levaram os autores a concluir que a compreensão dos conceitos envolvidos no processo evolutivo não é algo fácil, havendo uma tendência de manutenção das idéias prévias dos estudantes. Entretanto, Bishop e Anderson entendem que é possível alterar tais pré-concepções desde que essas sejam consideradas no planejamento do trabalho pedagógico.

Percebe-se que essa pesquisa é qualitativamente distinta das relatadas anteriormente, onde uma nítida preocupação com a (re)construção e reelaboração do conhecimento pelos estudantes é manifestada pelos autores.

Nesta mesma perspectiva situam-se os trabalhos de Brumby (1984) e Halldén (1988). Rompendo com a questão da influência religiosa, as autoras se detêm na análise das concepções dos estudantes sobre os mecanismos evolutivos e a Evolução dos seres vivos.

Semelhante a Bishop e Anderson, Halldén e Brumby apontam para o distanciamento entre as concepções dos alunos e as cientificamente aceitas, mesmo após o ensino do conteúdo de Evolução.

Halldén (1988) sugere cinco fatores que basicamente interferem no entendimento do processo evolutivo pelos alunos:

- noção pouco clara de hereditariedade;
- entendimento superficial dos processos biológicos;
- ambigüidade das palavras envolvidas na explicitação do processo evolutivo;
- fragmentação do ensino, que não permite aos alunos uma visão integral dos processos vitais e;
- a ausência de questionamentos e esclarecimentos solicitados pelos alunos durante as aulas.

É interessante notar que a maioria desses fatores (apontados por Halldén) situa-se no âmbito das dificuldades de aprendizagem. O problema, no ensino, parece limitar-se a aspectos de organização conceitual. Dificuldades ou inabilidades dos professores para abordar o conteúdo de Evolução não são mencionados pela autora como fatores determinantes daqueles problemas de aprendizagem.

No contexto brasileiro, localizamos uma única pesquisa que trata das concepções de Evolução de alunos. Esta foi desenvolvida por Bizzo (1991) com estudantes de nível secundário de duas escolas públicas da cidade de São Paulo.

Investigando as concepções dos alunos após o período de ensino do conteúdo de Evolução, o autor chegou a resultados bastante semelhantes aos encontrados na literatura estrangeira, i. é, os alunos concebem Evolução como um processo causal de aprimoramento de características cuja espécie humana adquire posição de destaque, vez que, para os estudantes, o objetivo do processo evolutivo é "revelar o homem" (Bizzo, 1991, p. 203).

Bizzo (1991) atribui estas concepções errôneas de Evolução manifestadas pelos estudantes a possíveis falhas de conceituação durante o processo de ensino-aprendizagem. Sobre isso o autor diz:

Pela análise das entrevistas pode ter parecido que o grande problema com os estudantes talvez tenha sido o de que seus professores não lhes ensinaram corretamente o conceito de "Evolução". Caso o tivessem feito, os estudantes não teriam apresentado respostas tão estranhas. (p. 279)

A nosso ver, estas são conclusões muito contundentes para uma pesquisa que se deteve na análise das idéias dos alunos e não no processo de ensino-aprendizagem. Pois, sabemos que as concepções dos alunos são bastante resistentes a mudanças e que a simples apresentação de conceitos cientificamente aceitos não garante que aqueles abandonem suas "velhas idéias".

O processo de mudança conceitual é lento e envolve uma série de etapas que podem perdurar para além do período de ensino. Portanto para que se possa ter uma noção mais precisa das influências do processo de ensino sobre a aprendizagem dos alunos é essencial que se acompanhe tal processo.

Bizzo (1991) assume, também, que o livro didático pode ser um fator de influência sobre as concepções dos estudantes. Neste aspecto, o autor entende que a adoção de uma linguagem metafórica por aqueles manuais de ensino pode levar a ambiguidade de interpretação

acabando por reforçar as concepções errôneas dos alunos. O exemplo destacado por Bizzo do livro analisado⁴ a seguir ilustra a questão:

assim, as gerações subseqüente manterão e melhorarão, por meio de mudanças graduais, o grau de adaptação conseguido por seus pais. (grifo do autor)

O termo "conseguido" pode ser interpretado como ato intencional, deliberado, distorcendo a casualidade que caracteriza o processo evolutivo.

O problema da ambiguidade de expressões utilizadas na explicitação do processo de Evolução dos seres vivos, também foi levantada por Cicillini (1991). Analisando quatro livros didáticos de Biologia dos mais adotados por professores da rede pública de São Paulo, a autora⁵ aponta que conceitos como adaptação, seleção natural, variabilidade são apresentados de forma pouco precisa naqueles livros, quer pelo modo simplista pelo qual são abordados, quer pela ambiguidade das expressões envolvidas na explicitação do processo evolutivo.

Cicillini (1991) aponta que frases do tipo "os seres vivos sofreram modificações (...) culminando nas formas atuais" veiculam uma concepção finalista onde o processo evolutivo pode ser interpretado com sentido de progresso o que configura uma distorção conceitual.

O problema das distorções conceituais nos manuais de ensino é preocupante se consideramos que os livros didáticos são "a ferramenta básico do ensino" (Gould, 1992b, p. 153) sendo muitas vezes utilizados pelos professores como fonte de atualização de conhecimentos e como norteadores de seus programas de ensino (Cicillini, 1991). Assim, estes manuais que deveriam ser utilizados apenas como recursos didáticos passam a ser o elemento determinante do processo de ensino-aprendizagem.

Além da questão das distorções conceituais, Cicillini investigou também, se a teoria da Evolução era abordada nos livros didáticos analisados como princípio ordenador dos conteúdos biológicos. Pois, segundo a autora, este tipo de abordagem promove um ensino de

⁴ Amabis e Martho, 1988 in: Bizzo (1991) p. 245.

⁵ Estes livros também são muito utilizados no Estado do Pará.

biologia mais articulado, histórico e significativo. Todavia Cicillini (1991) constatou que tal abordagem não é utilizada pelos manuais analisados, o que acaba por favorecer um ensino factual, memorístico e fragmentado da Biologia.

As concepções manifestadas pelos alunos sobre Evolução e o tipo de tratamento que é dado a este conteúdo nos livros didáticos são essenciais para que se compreenda como se concretiza aprendizagem deste tema na sala de aula. Entretanto há que se considerar também as idéias dos professores e as dificuldades encontradas por eles na abordagem dessa temática. Tais aspectos são discutidos nos trabalhos de Scharmann e Harris Jr (1992) e de Bloom (1989).

Scharmann e Harris Jr. (1992) apontam que um grande contingente de professores de Biologia e Ciências da Terra envolvidos em sua investigação sentem-se inseguros para trabalhar o conteúdo de Evolução com seus alunos e, por isso, acabam ignorando ou abordando superficialmente o assunto.

Segundo os autores, essa insegurança pode ser provocada pela emergência de conflitos entre as crenças dos professores e as concepções científicas sobre Evolução e, conseqüentemente, pela preocupação destes em não apresentarem habilidades para responder questões levantadas por seus alunos, acerca da teoria evolucionista, o que é indicativo de uma deficiência na formação conceitual dos professores no que tange ao conteúdo de Evolução.

Questões referentes a concepções de professores sobre o processo evolutivo foram abordadas no trabalho de Bloom (1989). Os resultados da pesquisa apontam um claro antagonismo entre as idéias de Evolução dos professores e as atualmente aceitas pela comunidade científica.

Dentre os antagonismos mais freqüentes estão (assim como no caso dos alunos) as idéias dos professores sobre Evolução como progresso e como um processo gradual e finalista que gira em torno do homem.

Este antropocentrismo marcante ficou bastante evidente quando em resposta à questão "O que é Evolução?" os professores manifestaram-se nestes termos:

Uma teoria sobre a criação do homem.

Evolução é a teoria de que o homem evoluiu dos animais.

Bloom (1989) atribui essas distorções conceituais a uma dificuldade de entendimento pelos professores do que seja Ciência e teoria.

Diante do exposto, percebe-se que problemas afetos ao ensino de Evolução abrangem tanto os sujeitos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, quando os recursos instrucionais por eles adotados.

Desta forma, entendemos que uma visão mais integral dos problemas relativos ao ensino de Evolução requer um "mergulho" no contexto da sala de aula e na perspectiva dos sujeitos que lá interagem para assim podermos apreender o movimento das relações e das influências mútuas que ali se concretizam.

É neste sentido, que buscamos, em nossa pesquisa, analisar a "ótica" com que aluno e professor de Biologia concebem o processo de Evolução dos seres vivos e como estas concepções interagem na dinâmica da sala de aula.

Vale ressaltar que concepções não surgem ao acaso, elas são historicamente construídas e culturalmente herdadas. Deste modo, é essencial que conheçamos um pouco da história da construção do conhecimento.

É com essa finalidade que apresentamos, a seguir, uma sucinta história da Evolução das idéias Evolucionistas.

1.3. No Conhecimento Científico

"Em toda disciplina, as idéias predominantes e mesmos as questões formuladas são produtos do desenvolvimento histórico." (Futuyma, 1992, p. 2). Assim, todo o conhecimento acumulado na atualidade é decorrente de construções historicamente situadas em contextos específicos, onde cada teoria influenciou e foi influenciada pelos valores, costumes e ideologias de sua época.

É nesta perspectiva que buscamos discutir a dinâmica da construção e reconstrução da teoria da Evolução, os conflitos, os embates que marcaram a elaboração deste conhecimento, a fim de compreender como se chegou à elaboração das idéias vigentes.

Ressaltamos porém, que a história é construída tanto por quem a faz, quanto por quem a conta. Deste modo, não pretendemos que as idéias aqui apresentadas espelhem a história, mas sim uma história possível pela leitura, reconstrução e remontagem de várias visões ora antagônicas, ora coincidentes de autores diversos aos quais tivemos acesso.

Uma história muitas vezes deduzida entre a escassez e a multiplicidade de informações.

Retrocedamos, então, alguns milhares de anos, mais precisamente ao período entre os séculos IV a VI a.C. na Grécia antiga. Lá, a idéia de mutabilidade dos seres vivos já estava presente. Anaximandro (610 - 545 a.C.), Empédocles (492 - 430 a.C.), Aristóteles (384 - 322 a.C.) admitiam que os seres podem sofrer transformações.

A concepção transformista neste período vinculava-se a uma leitura, essencialmente idealista, dos fenômenos naturais, onde as transformações eram determinadas por uma lei natural e perfeita e os seres representavam cópias imperfeitas de um tipo abstrato que obedeciam a uma ordem progressiva do mais simples ao mais complexo (Soncini, 1993). Entretanto, tal conceito "não se prendia a fatos reais e históricos do parentesco orgânico através de sucessivas gerações não estabelecendo, portanto, elos entre os seres vivos" (Simpson, 1962, p. 262).

Quanto à concepção aristotélica sobre a mutabilidade dos seres vivos, encontramos diferentes posturas. Simpson (1962), Lima (1988), Soncini (1993) apontam Aristóteles como um dos precursores do evolucionismo. Porém, Freire-Maia (1992) analisa os postulados aristotélicos como contrários às idéias transformistas, chegando a mencionar que para Aristóteles "os seres vivos representavam formas substanciais imutáveis" (p. 107).

Talvez, o conflito localize-se nos "conceitos chaves" aos quais estava vinculada a tese aristotélica - substância ou essência e forma ou aparência.

A imutabilidade da substância não implicaria necessariamente numa estaticidade da forma. Para Aristóteles havia continuidade entre a matéria inanimada e a animada determinada pela substância que as constitui. Entretanto, a forma de organização dessa substância seria visivelmente distinta entre a matéria orgânica e a inorgânica, podendo ocorrer transformação na forma sem que fosse alterada a essência.

Percebe-se, então, que a mesma idéia pode constituir a base tanto para o fixismo quanto para o evolucionismo vindouros dependendo, para isso, da ótica de quem a interpreta.

Nos séculos que se seguem ao cristianismo, sob o domínio do Império Romano, e ante a conversão de Roma aos pressupostos cristãos, a idéia de uma criação divina dos seres vivos começa a ser propagada e universalmente aceita. Neste período, parece inexistir conflito entre as idéias de mutabilidade e criação dos seres vivos, mesmo porque as transformações neles ocorridas não implicavam uma contestação de uma origem divina dos organismos, uma vez que, na concepção transformista, vinculada às idéias aristotélicas, as modificações ocorreriam na organização dos seres já criados, não afetando sua origem.

Deste modo, não localizamos antagonismos entre as idéias transformistas e criacionistas até o século XVI. O conflito possivelmente surge com o movimento de reforma protestante seguido da inquisição, quando as "idéias foram deslocadas" para uma ortodoxia religiosa e a leitura literal da Bíblia foi amplamente preconizada. A ruptura parece ocorrer neste momento em que as concepções transformistas começam a entrar em choque com a imutabilidade dos seres

depreendida de uma interpretação literal do Gênesis.

Dentro deste novo contexto, qualquer teoria que viesse a ser interpretada como contrária às Sagradas Escrituras era considerada herética e seu autor condenado à fogueira inquisitorial. A abjuração de Galileu foi um clássico caso de captulação frente ao "fogo purificador". Neste período, houve uma grande repressão às idéias que supostamente ameaçavam a hegemônica tradição fundamentalista. Daí advém o codinome "período das sombras" que, em geral, é atribuído ao século XVI.

A "luz" ressurge no século XVIII. Na França, o movimento revolucionário promove a ascensão da burguesia ao poder, diminuindo os poderes do rei e do clero e possibilita o "aparecimento e divulgação de teorias científicas consideradas, até então, heréticas" (Soncini, 1993, p. 6) entre as quais se destaca o transformismo.

Neste período, as discussões quanto à mutabilidade dos seres vivos eram polarizadas por dois grupos - os fixistas e os transformistas. Entre os mais ardorosos defensores do fixismo, que preconizavam a imutabilidade das espécies, estava o naturalista sueco Carl von Linneu. Para ele, fiel à tradição bíblica, todas as espécies mantiveram-se idênticas desde a criação⁶. (Theodorides, 1984, p. 40)

Entre os transformistas, um de grande expressão foi, sem dúvida, George Louis Leclerc, Conde de Buffon. Para ele, os seres vivos eram cópias de "tipos originais" que surgiam por geração espontânea, cuja transformações constituíam-se em degenerações. Assim, a "mutabilidade de uma espécie, longe de assinalar um progresso, um aperfeiçoamento, é sinal de uma degradação, de uma decadência" (Theodorides, 1984, p. 42).

Além de Buffon, Maupertuis também concebe que variações surgidas nos seres representam degenerações, deformidades. Entretanto, postulava que, entre as variantes surgidas, existiam as viáveis e as não viáveis, ambas sendo submetidas ao "crivo da natureza" e que somente as primeiras seriam conservadas. Percebe-se aí um embrião da teoria da seleção natural

⁶ Tem-se registro de que a partir de 1742 Lineu passa a aceitar uma espécie de transformismo restrito. (Theodorides, 1984, p. 40)

proposta por Darwin cerca de um século depois (Jacob, 1983, p. 147).

Apesar de inovadoras, essas idéias ainda não constituíram uma verdadeira teoria transformista, pois não evocavam a organização dos seres de forma encadeada. Estes continuavam a existir como unidade isolada ligando-se apenas aos de sua espécie por descendência direta.

Percebe-se que grande parte das idéias transformistas do século XVIII ainda encontravam-se vinculadas ao idealismo aristotélico, para o qual as transformações deveriam ocorrer apenas na estrutura aparente dos seres, ficando o protótipo, a essência, intacto.

Desta forma, a mutabilidade era concebida como um evento isolado, individual, não havendo elos de ligação entre os seres. Assim, uma espécie jamais originaria outra, as transformações apenas distanciavam os seres de seu "tipo original".

É somente em 1809, com a publicação da obra "Philosophie Zoologique" de Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, cavaleiro de Lamarck que, pela primeira vez na história do evolucionismo, é proposta uma teoria global sobre como se processam as transformações nos seres vivos (Simpson, 1962, p. 261).

Lamarck rompe claramente com as concepções de protótipo e de transformações degenerativas defendidas por Buffon e Maupertuis. Para ele, as transformações respondiam a uma necessidade intrínseca ao ser de caminhar para o aperfeiçoamento. Enfim, as transformações redundavam invariavelmente em melhoria, progresso.⁷ Os seres transformavam-se em "outros de complexidade imediatamente superior, por um processo de sentido único" que certamente os conduziria rumo à humanificação (Jacob, 1983, p. 150).

Deste modo, Lamarck consegue construir uma teoria onde todos os seres vivos derivam uns dos outros, "ligando-os por uma mesma história que conta sua gênese sucessiva" inaugurando, assim, uma verdadeira história dos seres vivos, uma Biologia (Jacob, op. cit.).

⁷ Interessante notar que a noção de Evolução como progresso perdura até os dias atuais.

Lamarck propôs dois mecanismos básicos para explicitar o processo de transformação progressiva dos seres vivos. Foram eles, o uso e o desuso e a transmissibilidade das características adquiridas.

Com o primeiro mecanismo, Lamarck explicava que as variações orgânicas entre os seres decorriam do uso ou desuso de determinadas partes do corpo, provocado por uma necessidade intrínseca do ser de se adaptar às condições ambientais. Assim, por exemplo, uma girafa, de tanto esticar seu pescoço para alimentar-se de folhas de galhos altos, desenvolvia, pelo uso, esse órgão; o tamanduá como não utilizava os dentes para se alimentar, perdia essa estrutura pelo desuso. O uso e o desuso viriam a ser os fatores geradores das variações entre os seres vivos.

Por sua vez, o segundo mecanismo vinha explicar que características adquiridas pelo uso ou desuso eram passíveis de serem transmitidas aos descendentes, assegurando a manutenção de tais características nas gerações subsequentes. Deste modo, Lamarck propõe o que Medawar e Medawar (1978) chamam de "teoria instrutiva de hereditariedade", uma vez que, alterações desencadeadas por necessidades intrínsecas aos seres acabam por determinar quais características devem ser transmitidas à prole.

As idéias lamarckistas não só desfrutaram de ampla aceitação na comunidade científica da época, como exerceram alguma influência sobre o pensamento político francês. Estes encontravam na teoria de Lamarck uma explicação "natural" para as diferenças entre os homens, pois se estes "nascem todos iguais e, no entanto, acabam sendo tão diferentes, isso deve ser, porque o caráter e as capacidades de um indivíduo são modelados pelo meio e por seus próprios esforços" (Medawar e Medawar, 1978, p. 51).

Nota-se aí uma extrapolação de uma teoria do "mundo natural" para o "mundo social". Entretanto, supomos que este não é um processo unidirecional. Possivelmente, a forma de Lamarck "enxergar" a dinâmica do mundo natural já estava impregnada pelos ideais políticos. Há, por assim dizer, uma retroalimentação entre as duas visões, sinalizando que "a ciência (...) está organicamente ligada à sociedade que a produz" (Bizzo, 1989, p. 46).

Apesar da grande ressonância que a teoria de Lamarck teve, e ainda tem até hoje⁸, ela foi duramente criticada, principalmente pelo anatomista George Cuvier. Cuvier foi um adepto fervoroso do fixismo e, portanto, não poderia aceitar as idéias transformistas de Lamarck. Nem mesmo a descoberta de fósseis, que para os transformistas evidenciavam a pré-existência de espécies que possivelmente originaram os organismos atuais, foi suficiente para demover Cuvier de sua ortodoxia fixista.

Assim, Cuvier interpretou a presença de fósseis nas camadas rochosas da Terra como sendo resultado de sucessivos cataclismos ocorridos na crosta terrestre, que acabavam por exterminar os seres que nela habitavam. Por sua vez, os seres atuais seriam produtos de novas criações e não descendentes dos outrora extintos. Portanto, para Cuvier não haveria uma única "criação, mas diversas, uma após cada catástrofe" (Jacob, 1983, p. 163).

As explicações catastrofistas de Cuvier não vingaram, pois foram lentamente exorcizadas pelos geólogos. Entre eles, Charles Lyell que interpretou as modificações ocorridas na superfície do globo e as formas fósseis como pertencentes a uma série uniforme e contínua de acontecimentos que redundaram na estrutura geológica do planeta e nas formas vivas atuais (Jacob, 1983).

A polêmica entre fixismo e transformismo perdura no século XIX ainda com todo o seu vigor. É em meio a essa efervescência científica que em 1831, o eminente naturalista Charles Darwin parte à bordo do navio H.M.S. Beagle em uma expedição a mando da Coroa inglesa.⁹

⁸ Como evidenciado no Cap. II - 3.3. grande parte das idéias detectadas nas falas dos alunos encontra eco na concepção lamarckista de Evolução. Entretanto não é só entre o público leigo que o lamarckismo está presente; a edição de março/93 da revista **Scientific American** apresenta um ensaio onde o professor emérito da Universidade de Georgeton, Otto E. Laudman, defende a transmissão das características adquiridas em algumas espécies de microorganismos.

⁹ Há algumas interpretações sobre a finalidade da expedição feita pelo Beagle e sobre o objetivo da presença de Darwin à bordo do navio. Bizzo (1989) aponta um grande interesse político e econômico da Coroa britânica no extremo sul da América, principal rota do navio. Gould (1987, 1992-b) discute recente descoberta sobre Darwin não ter sido o naturalista oficial do Beagle, mas

Darwin, filho de uma tradicional família inglesa e membro ortodoxo da Igreja Anglicana, inicialmente não aceitava a concepção transformista. Sua adesão a tal concepção parece ter ocorrido após sua viagem à bordo do *Beagle*, quando constatou, por indicação do ornitólogo John Gould, que havia variações entre um mesmo grupo de aves que habitavam as ilhas do arquipélago de Galápagos. Tais variações eram por vezes tão acentuadas que chegavam a formar espécies diferentes (Futuyma, 1992). Entretanto, as espécies guardavam numerosas semelhanças entre si, o que levou Darwin a interpretar que estas possivelmente haviam se originado de um único grupo que foi se diversificando ao longo de várias gerações. Assim, parecia pouco provável que Deus houvesse criado uma variedade diferente para cada ilha do arquipélago de Galápagos.

A partir disso, Darwin começou a reunir evidências sobre a transmutação dos seres e a buscar um mecanismo que pudesse explicá-la.

Ao que parece esses mecanismos começaram a emergir por volta de setembro de 1838, quando Darwin teve acesso ao ensaio sobre populações de Thomas Malthus (Futuyma, 1992, p. 5). Do trabalho de Malthus, Darwin extraiu a idéia de "luta pela sobrevivência", sobre a qual assenta-se a sua teoria da seleção natural, proposta em co-autoria com Alfred R. Wallace¹⁰, em uma reunião da Sociedade Lineana em 1858.

Além da concepção malthusiana de luta pela sobrevivência, Darwin se valeu de prolongadas observações do processo de criação e reprodução de animais domésticos para propor o mecanismo da seleção natural como o motor da Evolução, ou como se costumava chamar, da descendência com modificação.

Darwin propôs inicialmente duas teses; "todos os organismos descenderam com modificações a partir de ancestrais comuns, o principal agente de modificações é a ação da seleção natural sobre a variação individual" (Futuyma, 1992, p. 6). Essa tão falada seleção natural, é uma reprodução diferencial entre os seres. Assim, os organismos que apresentam características que

acompanhante do Capitão Fitzroy.

¹⁰ Sobre a publicação conjunta da teoria de S.N. por Darwin e Wallace, ler: FERREIRA, R. (1990) Bates, Darwin, Wallace e a Teoria da Evolução, S.P., UNB/EDUSP.

favoreçam sua sobrevivência num dado intervalo espaço/tempo tendem a deixar prole mais numerosa, o que acaba por promover a disseminação de tais características na população fazendo com que essas passem a predominar dentro daquele grupo ao longo de várias gerações. É deste modo que as variações vão se disseminando ou se extinguindo, fazendo com que as espécies se distanciem cada vez mais dos tipos originais.

Essas duas teses foram resultantes de um longo rol de deduções que Darwin construiu ao longo de 20 anos após sua viagem à bordo do Beagle. Bizzo (1989) apresenta sinteticamente essas deduções partindo de cinco argumentos básicos:

- as populações podem crescer exponencialmente, i. é, numa progressão geométrica o que implicaria numa superpopulação da Terra em apenas alguns anos.
- as populações efetivamente não crescem exponencialmente.
- indivíduos da mesma espécie apresentam diferenças entre si passíveis de serem herdadas.
- por decorrência do grande número de descendentes e da falta de espaço e alimento para todos, deve existir uma competição ou "luta pela sobrevivência" já que grande parte dos indivíduos deve ser eliminada a cada geração.
- os sobreviventes não devem ser escolhidos ao acaso, os mais aptos devem sobreviver e transmitir suas características ao seus descendentes.

Em resumo, para Darwin as transformações dos seres vivos manifestavam-se através de gerações sucessivas, que iam se alterando por ação da seleção natural, tendo por "objeto não o organismo, mas o conjunto de organismos semelhantes que vivem ao longo do tempo" (Jacob, 1983, p. 172).

Darwin apresentou essa teoria em sua mais famosa obra, **A Origem das Espécies** publicada em 1859, que acabou por alterar o eixo da História Natural, carregando consigo outras ciências.

Paradoxalmente, a teoria proposta por Darwin não trazia em seu núcleo central nenhuma idéia inédita. A noção de "luta pela sobrevivência", como já mencionamos, foi extraída da obra de Thomas Malthus, enquanto a própria seleção natural já havia sido ventilada no

século V a.C. por Empédocles, sendo relativamente aceita no século XIX. Alguns autores como Patrick Matthews, William Wells e o próprio Wallace, co-autor da teoria selecionista, mencionavam o processo de seleção natural em suas obras. No entanto, é bem verdade que com exceção de Wallace, nenhum outro autor havia se detido na seleção natural como um mecanismo evolutivo, embora a idéia de que o ambiente de algum modo favoreça a sobrevivência dos mais "aptos", já estivesse presente no meio científico.

Até o mecanismo utilizado por Darwin anos depois (1868) para explicar a transmissão das novas características para os descendentes - Pangênese - foi depreendido da teoria de Lamarck. Segundo a hipótese pangênica, cada parte do corpo enviaria partículas representativas para compor as células sexuais ou gametas (Freire-Maia, 1982, p. 148). Assim, alterando-se qualquer estrutura orgânica, conseqüentemente, seriam alteradas as partículas que a representavam na composição do gameta. Logo, a característica modificada seria imediatamente transmitida aos descendentes.

Vemos, portanto, que a tão referida rivalidade entre as idéias lamarckista e darwinista, muito característica nos manuais didáticos, é falsa, pois "além de darwinista, Darwin era lamarckista também" (Freire-Maia, *ibidem*).

Neste momento, nos ocorrem algumas questões que consideramos instigantes e intrigantes. Se o darwinismo não trazia em si nenhuma grande novidade, o que o fez uma teoria tão bem sucedida? Por que Darwin e suas idéias causaram tanta polêmica, tanto repúdio do clero, tanto "amor" e tanto "ódio"? Por que não foi Lamarck quem obteve o sucesso e a consagração histórica, uma vez que, ele também propôs que os seres originavam-se uns dos outros e não por criação?

Ouso arriscar uma pretenciosa explicação, senão para todas, mas para algumas destas questões.

Para Lamarck, a escalada progressiva tinha o homem como alvo, as transformações não iam além dele. A matéria orgânica ao atingir o "estágio humano" seria pouco a pouco degradada e reintegrar-se-ia ao estado inorgânico, até que, por geração espontânea, voltaria ao estado orgânico para reiniciar sua ascensão (Jacob, 1983). Deste modo, o processo de mutabili-

dade proposto por Lamarck era um tanto quanto "imutável", apresentando-se como um ciclo fechado onde não havia espaço para a emergência de novas formas. Além disso, não alterava a confortável posição de ápice, de superioridade da qual o homem desfrutava (ou desfruta), uma vez que, a "trilha" conduzia os seres somente a ele, nada mais havia além.

Darwin introduz, entretanto, a idéia de contingência, de acaso. O mesmo processo que levou à humanificação poderia ter levado a matéria orgânica a qualquer outro estágio evolutivo. Deste modo, a humanidade é apenas um e não o último estágio a ser alcançado, podendo inclusive deixar de existir, caso a seleção natural encaminhe o processo evolutivo para outras "viagens".

Ao que parece, o grande incômodo que a teoria de Darwin provocava, principalmente no clero, não era a concepção de que o homem descende de um ser inferior, mas de que ele não é superior, vez que a Evolução não termina nele. Essa idéia retirava a humanidade do posto de "obra prima" da criação.

O sucesso de Darwin deveu-se, também, a grande sintonia entre os pressupostos de sua teoria e os da sociedade capitalista inglesa que, no momento, encontrava-se em franco desenvolvimento industrial.

As diferenças natas entre os homens explicavam de forma bastante satisfatória as diferenças sociais e as condições de vida de cada um. As oportunidades eram igualmente fornecidas. Entretanto, a aptidão de cada um é que determinava o aproveitamento de tais oportunidades.

Interessante notar o movimento das idéias da ciência para a sociedade e desta para a ciência. Darwin fez uma leitura sociológica e cultural da natureza a partir de idéias que alicercavam o capitalismo inglês, como as de T. Malthus (Jacob, 1983). O seu "olhar britânico" o fez extrapolar, deduzir de uma teoria econômica, a dinâmica do mundo natural. É essa leitura social da natureza que retorna à mesma sociedade que a produziu, legitimando seus mecanismos.

Se por um lado a teoria da seleção natural vinha ao encontro dos ideais capitalistas da sociedade inglesa, pois concedia uma explicação natural para a perpetuação das

diferenças sociais, por outro não explicava a origem das diferentes variedades de organismos nas populações. E é essa explicação que passa a ser cobrada pela comunidade científica.

É neste embate de tentar construir uma teoria explicativa para o surgimento e a transmissão das variações entre organismos de uma população que as idéias darwinistas começam a sofrer abalos. A hipótese pangênica proposta com essa finalidade é desmentida pelos experimentos de August Weissman, que demonstra que o "plasma germinativo é completamente separado e imune a quaisquer influência do soma" (Futuyma, 1992, p. 9). As modificações somáticas adquiridas ao longo da existência em nada alteravam as mensagens hereditárias não podendo, portanto, ser transmitidas aos descendentes.

O "golpe de misericórdia" no darwinismo é dado no início do século XX com a redescoberta dos trabalhos de Gregor Mendel. Contrariamente ao que é veiculado pelos livros didáticos, o advento da genética, veio inicialmente negar a teoria da Evolução por seleção natural. Quando Hugo De Vries em 1903, descobriu o processo da mutação gênica, o "mistério" do surgimento e transmissão das variações parecia ter sido desvendado. De Vries procedendo a vários experimentos com vegetais, viu surgir na descendência de determinada espécie uma variedade diferente da original, o que o levou a interpretar esse fenômeno como o aparecimento de uma nova espécie¹¹ (Freire-Maia, 1988). Assim, para De Vries, o processo através do qual surgem novas espécies tinha sido desvendado. Esse processo demonstrava para ele que uma nova espécie pode se originar a partir de outra pré-existente, procedendo a um tipo de salto denominado por De Vries de mutação.

Se há "saltos" que permitem o surgimento de novas espécies a partir de espécies originais, o mecanismo de seleção natural torna-se desnecessário, uma vez que, não há necessidade da natureza efetuar uma "escolha" que vá lentamente moldando as variedades de organismos até a formação de uma nova espécie. Essas já "nascem", por assim dizer, formadas.

¹¹ Constatou-se posteriormente que não se tratava de uma nova espécie, mas uma variação da mesma espécie.

A polêmica instaurada pela descoberta do processo de mutação provocou uma cisão na comunidade científica, o que fez com que durante quase meio século a questão dos mecanismos evolutivos ficasse emperrada na disputa entre selecionistas e mutacionistas.

Somente por volta de 1930 com o advento da Teoria Sintética, proposta simultânea e independentemente por Theodosius Dobzhansky, George Simpson, Julian Huxley e Ernest Mayr, é que ocorreu a conciliação entre o pressuposto darwinista de seleção natural e o mutacionismo de De Vries. Tal conciliação foi possibilitada pelo desenvolvimento e aprofundamento dos estudos sobre genética de populações.

Simplificando uma teoria complexa¹², diríamos que na perspectiva da Nova Síntese, a mutação é a matéria prima sobre a qual atua a seleção natural. Em outras palavras, as mutações possibilitam o aparecimento de variações genéticas entre os organismos de uma população. Tais variações podem ser mantidas ou eliminadas durante o processo de reprodução, o que vem configurar a seleção natural. Assim, esta nada mais é do que a reprodução diferencial de organismos dentro de uma população, i. é, os seres que possuem variações genéticas que lhes favoreçam melhores condições de vida num intervalo espaço/tempo, tendem a deixar maior número de descendentes, sendo o inverso também verdadeiro.

Apesar da grande aceitação que a Teoria Sintética da Evolução desfruta na comunidade científica, nos anos 70 e 80 ressurgiu a discussão sobre a amplitude de atuação dos mecanismos evolutivos. Questiona-se, por exemplo, se "a Evolução em todos os níveis deve ser explicada pelos mesmos fatores da Evolução ao nível mais baixo" (Freire-Maia, 1988, p. 353). Em outras palavras, questiona-se se os mesmos mecanismos que possibilitam a emergência de uma nova

¹² Uma descrição aprofundada sobre a Teoria Sintética ou Nova Síntese, pode ser encontrada em:

FREIRE-MAIA (1988) Teoria da Evolução: De Darwin a Teoria Sintética, São Paulo, Itatiaia.

DOBZHANSKY, T. (1973) Genética do Processo Evolutivo, São Paulo, Polígono/EDUSP.

HUXLEY, J. (1942) Evolution the Modern Synthesis, Nova York e Londres, Harper e Brothers.

espécie possibilitariam também a emergência de um novo filo ou classe.

Além desta questão, tem-se levantado a hipótese do processo não ocorrer de forma lenta e gradual, tal como preconizado desde o darwinismo, mas alternando "períodos de aparente parada evolutiva (estase) e períodos pontuados pelo surgimento 'rápido' de espécies novas" (Freire-Maia, op. cit., p. 379). Essa Teoria proposta por Eldredge e Gould em 1972, denominada de Equilíbrio Pontuado, não invalida a Teoria Sintética, apenas a contraria sob o ponto de vista da velocidade de ocorrência do processo evolutivo.

Deste modo, apesar das várias questões que vêm sendo levantadas acerca dos mecanismos evolutivos propostos na Teoria Sintética, é ela que ainda se mantém como alicerce sobre o qual explicita-se o processo de Evolução dos seres vivos, é ela a "verdade" atual.

Baseando-se nesta teoria é que Futuyma (1992, p. 7) propõe que "Evolução biológica é a mudança nas propriedades das populações dos organismos que transcendem o período de vida de um único indivíduo". É esse conceito que assumimos e adotamos como referencial, cientificamente aceito, para analisar as concepções de Evolução dos sujeitos desta pesquisa.

CAPÍTULO II

CONSTRUINDO O PERCURSO

Quais são as concepções de Evolução de aluno e professor de Biologia do ensino médio? Como é tratado este conteúdo em sala de aula?

Eis as duas questões que tínhamos em mente quanto iniciamos a definição da nossa pesquisa.

Buscávamos, a partir desses questionamentos iniciais, construir uma visão aprofundada do processo de ensino-aprendizagem de Evolução ao nível do ensino médio. Para tanto, optamos por adentrar o ambiente da sala de aula e ali captarmos as concepções de Evolução que alunos e professor manifestassem na dinâmica das interações entre tais sujeitos.

Com tal propósito, foram percorridos os seguintes passos:

- i)* identificação das concepções dos alunos sobre Evolução, antes, durante e ao final do período de instrução, através da aplicação de questionário e exercícios junto aos 24 alunos da classe 2º CB, dos quais seis foram também entrevistados;
- ii)* observação e registro das 06 (seis) aulas correspondentes ao ensino do conteúdo de Evolução, através de anotações em diário de campo e de gravação e transcrição das memas;
- iii)* entrevista com o professor da turma (cujo critério de seleção detalhamos no item 2.1.) antes do período de instrução.

A seguir, apresentamos mais detidamente os critérios e procedimentos adotados na realização desta investigação.

2.1. A Entrevista com o Professor

A entrevista é uma técnica bastante utilizada para a obtenção de idéias ou concepções de indivíduos sobre diversos temas, situações e/ou problemas. Além disso, cria-se durante a sua realização, uma relação interativa entre entrevistado e entrevistador que favorece o aprofundamento do problema sob investigação (Ludke e André, 1986).

Assim, optamos por utilizar essa técnica para captar as concepções de Evolução do professor que participou dessa pesquisa.

Para selecionar o professor que seria entrevistado e que foi o docente do processo por nós observado, cinco critérios foram previamente estabelecidos:

- i)* ser professor efetivo da rede pública estadual de ensino do Pará;
- ii)* ser lotado em escola de ensino médio na cidade de Belém;
- iii)* ser licenciado pleno em Ciências Biológicas;
- iv)* possuir cinco ou mais anos de experiência no magistério e;
- v)* ter ministrado o conteúdo de Evolução.

Estabelecidos tais critérios, solicitamos à Secretaria de Educação do Pará - SEDUC -, uma relação contendo os nomes e as respectivas escolas dos professores que contemplassem o segundo critério. Dessa relação constavam 86 professores, distribuídos em 22 escolas da rede estadual de ensino público.

A seguir procuramos contatar os professores em suas respectivas escolas a fim de selecionarmos aquele que preenchesse os demais critérios e que manifestasse interesse em participar desta pesquisa.

Vale ressaltar que o critério mais difícil de ser atendido foi o que referiu ao ensino do conteúdo de Evolução. Neste sentido, encontramos casos em que o professor tinha vinte anos de experiência no magistério porém, jamais havia tido contato com tal conteúdo, nem mesmo no período de sua formação universitária.

Este foi mais um indício, com o qual nos deparamos, do descaso a que está sujeito o ensino de Evolução nas escolas secundárias de Belém.

Além de dificuldades dessa natureza deparamo-nos, ainda, com a falta de interesse dos professores em participar desta investigação. Apenas um professor manifestou interesse em ter seu processo de ensino de Evolução submetido à nossa observação.

Neste caso, o professor informou que, "a priori", tal conteúdo não constava de seu programa de ensino. Entretanto, por estar interessado na pesquisa propunha-se a trabalhá-lo com seus alunos.

A entrevista, marcada previamente em horário e local sugeridos pelo professor, foi do tipo semi-estruturada. Isto é, foi baseada em roteiro flexível de questões, centradas basicamente em três aspectos: informações gerais sobre a formação do professor; características de seu ensino de Biologia e questões específicas sobre o ensino de Evolução (vide anexo I).

O roteiro da entrevista, foi elaborado segundo critérios de ordem lógica e psicológica propostos por Lüdke e André (1986), onde temas mais gerais devem ser tratados primeiro para só posteriormente introduzir-se questões específicas. Esse procedimento possibilita "aprofundamentos nos assuntos de maneira gradativa, impedindo que questões mais complexas e de maior envolvimento pessoal, colocadas prematuramente, acabem por bloquear as respostas às questões seguintes" (p. 36).

Na última parte da entrevista, onde se abordava o ensino de Evolução propriamente dito, foram apresentadas ao professor algumas respostas de alunos a dois questionários (anexo II e III), a fim de que ele as avaliasse. Tais respostas foram selecionadas segundo critérios de inteligibilidade das concepções manifestadas, e separadas em dois grupos: as dadas pelos alunos do professor selecionado, que ainda não haviam sido submetidos ao ensino sistemático de Evolução, denominadas Pré, e as dadas por alunos que já haviam tido acesso a tal ensino, denominadas Pós.

Deste último grupo constavam respostas de alunos dadas ao questionário piloto (anexo II).

O uso de entrevista semi-estruturada que incluía a apreciação, pelo professor, de respostas acerca de Evolução expressas por alunos, fundava-se em dupla finalidade: captar a concepção de Evolução do docente e subsidiá-lo com informações sobre as idéias prévias que os seus alunos manifestaram a respeito do conteúdo.

Na medida em que o professor criticava, concordava ou completava as respostas dos alunos, revelava a sua concepção sobre Evolução e ao mesmo tempo informava-se dos conhecimentos que eles tinham sobre o assunto.

A entrevista, gravada com o consentimento prévio do professor e posteriormente transcrita para fins de análise, durou cerca de 75 minutos e transcorreu em clima agradável de mútua colaboração.

2.2. O Questionário dos Alunos

Apesar das limitações do questionário em termos da captação do "movimento das idéias", ele é um recurso válido e bastante utilizado em pesquisas sobre concepções, principalmente quando se pretende atingir um número razoável de sujeitos, como foi o caso deste estudo.

Para obtermos informações que refletissem as concepções prévias dos alunos que seriam submetidos ao processo de ensino de Evolução, elaboramos um questionário com 14 perguntas (vide anexo III) que girava em torno de quatro temas: conhecimento ou estudo anterior sobre o conteúdo de Evolução; a crença no processo evolutivo; a relacionabilidade do conteúdo de Evolução com outros de natureza biológica e exemplos de situações do cotidiano, onde o processo evolutivo poderia aparecer como possível explicação. Esse questionário baseou-se em um piloto (anexo II) anteriormente elaborado e testado com aluno de ensino médio de uma Escola Técnica de Campinas - SP.

A partir desta testagem, percebemos que algumas questões necessitavam ser reestruturadas, quer pela insuficiência de dados que nos forneciam, quer pela postura tendenciosa no questionamento ou, ainda, por não estarem redigidas de maneira clara, tornando ambígua sua interpretação.

Feitos os devidos reparos, o questionário definitivo, transcrito no Anexo III, foi aplicado durante uma aula de Biologia aos vinte e quatro alunos da turma do 2º ano de Ciências Biológicas. Vale ressaltar, que a seleção dessa classe ficou à critério do professor, que justificou sua opção por considerá-la uma "boa turma".

De posse dos questionários respondidos e a fim de selecionar alguns alunos para posterior entrevista, procedemos a uma breve análise de suas respostas. Como essas evidenciaram concepções muito semelhantes, sorteamos aleatoriamente uma amostra de 25% dos alunos daquela turma.

A seguir passamos a analisar detidamente os questionários dos seis alunos selecionados, de modo que pudéssemos, durante a entrevista com cada um deles, levantar questões, esclarecer dúvidas e aprofundar as idéias manifestadas de forma incipiente nas respostas dadas ao questionário.

2.3. A Entrevista dos Alunos

Ao invés de elaborarmos um roteiro de questões para entrevistar os alunos, optamos por organizar a entrevista a partir das respostas que cada um deles deu às perguntas do questionário.

Convém ressaltar, que tal procedimento foi previamente testado com dois alunos da classe da Escola Técnica em Campinas-SP, onde foi aplicado o questionário piloto.

Durante o processo de testagem da entrevista percebemos que a simples exploração das idéias manifestas nas respostas dos alunos ao questionário nos levava somente às sucessivas confirmações das mesmas. Por isso, durante a entrevista, pensamos em introduzir outras "situações problemas" para o aluno, a fim de que esse fosse solicitado a aplicar suas concepções em um novo contexto.

O trecho da entrevista transcrito a seguir ilustra uma situação em que o aluno é levado a considerar sua resposta dentro de um novo contexto proposto.

ENT - No questionário, tu respondes que Evolução "É a necessidade do ser adaptar-se ao meio em que vive". E se não houver essa necessidade? (...) p. ex. se ele viver num meio que não se modifique, que não sofra alterações, a Evolução ocorre?

ALUNO - Eu acho que não, acho que não.

Utilizando esta estratégia é que realizamos as entrevistas com os seis alunos. Tais entrevistas ocorreram antes do período de ensino do conteúdo de Evolução. Tiveram duração média de trinta minutos cada, e transcorreram de forma tranquila, estabelecendo-se relacionamento amigável entre entrevistado e entrevistador.

Todas foram gravadas e transcritas posteriormente para fins de análise.

2.4. Sala de Aula: a Evolução de um Caso

A escola estadual, cuja classe foi acompanhada durante o período de ensino do conteúdo de Evolução, é uma das instituições educacionais mais antigas de Belém e está situada num bairro central da cidade. Os alunos que a frequentam são, em geral, de classe média baixa.

As instalações do prédio são amplas. Em termos do ambiente escolar, o único e grande problema que observamos foi o barulho de tráfego de automóveis fora da escola, que muitas vezes, impossibilitava se ouvir as explicações do professor em sala de aula. Sendo assim, a apreensão do conteúdo das aulas só nos foi possível devido a grande colaboração do professor que manteve consigo, durante a apresentação do conteúdo, um gravador onde suas exposições eram registradas.

No período de observação, aproveitamos alguns intervalos dados pelo professor para apresentar aos alunos questões relativas ao conteúdo que ele havia acabado de abordar (anexo IV). Respostas dos alunos a estas questões e a outras por nós propostas ao final da instrução (anexo V), é que nos possibilitaram dados para analisar a influência das concepções de Evolução do professor nas idéias prévias de seus alunos.

Além de serem gravadas, todas as aulas referentes ao conteúdo de Evolução foram registradas em diário de campo. Neste, priorizamos registrar observações sobre aspectos gerais da dinâmica de sala de aula como: atenção, interesse e participação dos alunos a respeito do assunto apresentado, e anotações feitas pelo professor no quadro de giz.

2.5. A Análise dos Dados: o caminho percorrido

Os dados analisados referem-se a concepções de Evolução dos alunos antes, durante e ao final do período de instrução, e concepções de Evolução do professor, extraídas da transcrição e análise da entrevista e das aulas por ele ministradas.

A análise de tais dados pressupôs a organização dos mesmas, onde a realização de sucessivas leituras dos materiais obtidos propiciou a apreensão dos conteúdos e significados das idéias manifestadas pelos sujeitos envolvidos no processo observado, o que levou à categorização dos dados seguida de sua análise.

A organização dos dados pressupôs, por sua vez, a transcrição das entrevistas dos alunos e das aulas observadas.

Por meio de leituras e releituras das transcrições das entrevistas e respostas dadas ao questionário inicial e às questões por nós propostas durante e ao final do processo de ensino, procuramos desvelar as mensagens explícitas e implícitas presentes nas falas dos alunos.

Em outras palavras, essas leituras levaram-nos a detectar núcleos de significação nas respostas dos estudantes. Tais núcleos, por sua vez, foram destacados a fim de que podéssemos analisá-los de forma aprofundada. A partir dessa organização, constatamos alguns padrões de respostas, vez que os alunos em geral atribuíram função, significado e mecanismos para o processo de Evolução dos seres vivos.

Do confronto entre tais padrões de respostas e os princípios teóricos da Biologia Evolutiva, emergiram as categorias para a análise dos dados. São elas:

i) Os significados de Evolução

ii) Dimensões Evolutivas

iii) Fatores Evolutivos

iv) Funções do Processo Evolutivo.

Portanto, tais categorias refletem, em geral, o antagonismo encontrado entre as concepções de Evolução dos alunos e aquelas cientificamente aceitas como é o caso, por exemplo, da funcionalidade (inexistente para a Ciência) atribuída pelos estudantes ao processo de Evolução dos seres vivos.

Para a emergência dessas categorias baseamo-nos, também, nos sistemas de categorias propostos por Bishop e Anderson (1990) e Bizzo (1991), já que suas pesquisas abordam a mesma temática por nós investigada.

Assim, a categoria os significados de Evolução foi extraída da pesquisa de Bizzo (1991), uma vez que as idéias dos alunos por ele investigadas relativas a esta categoria são bastante semelhantes àquelas por nós encontradas.

Embora a denominação significados de Evolução possa teoricamente englobar todas as conotações atribuídas pelos alunos à palavra Evolução e ao processo evolutivo, para efeito de análise optamos por discutir tais conotações em categorias específicas. Este procedimento possibilita um detalhamento e aprofundamento maior da análise das concepções o que justifica, por sua vez, a proposição das demais categorias, isto é Dimensões Evolutivas, Fatores Evolutivos e Funções do Processo Evolutivo.

A adoção dessas quatro categorias nos permitiu agrupar de forma sintética, as idéias manifestadas pelos alunos.

Vygostky (1991, p. 128) nos diz, que "todas as frases que dizemos na vida possuem algum tipo de subtexto, um pensamento oculto por trás delas". Desta forma, para que as idéias dos alunos pudessem ser adequadamente categorizadas, sem que os seus significados fossem alterados, procuramos extrair o subtexto presente nas suas respostas ao explicarem suas concepções sobre o processo evolutivo. Dito de outra forma, buscamos apreender os sentidos atribuídos pelos estudantes às palavras dentro de contextos específicos propostos durante a entrevista, nas perguntas do questionário e nos exercícios a eles propostos.

Assim, respostas do tipo "evolução é..." ou "os seres evoluem quando..." que revelam idéias de significação foram agrupadas na categoria **Os Significados de Evolução**; as que se referiam às possíveis dimensões de ocorrência do processo Evolutivo como "os seres sofrem transformações físicas e mentais" ou "o homem evolui por que está aprendendo..." reunimos na categoria **Dimensões Evolutivas**; as que evidenciaram fatores propulsores da Evolução tais como "o ser sente necessidade..." ou "o meio força..." enquadrámos na categoria **Fatores Evolutivos** e, por fim, as respostas que expressaram a idéia de funcionalidade da Evolução, do tipo "a Evolução ocorre para..." foram agrupadas na categoria **Funções do Processo Evolutivo**.

As respostas dos alunos agrupadas nessas categorias, foram, então, analisadas à luz de premissas propostas por Cicillini (1991) que caracterizam a atual concepção de Evolução. Tais premissas baseiam-se na "Teoria Sintética de Evolução" que, na atualidade, é a de maior aceitação na comunidade científica.

Cada categoria foi analisada e discutida separadamente, de modo a "dissecar" as idéias manifestadas pelos alunos. Neste aspecto, vale ressaltar que procuramos, na medida do possível, analisar todas as concepções manifestadas pelos alunos não nos limitando a discussão daquelas mais frequentes.

Quanto às concepções do professor, estas foram analisadas em termos do modelo psicopedagógico que embasa sua prática, bem como das idéias por ele expressas nas aulas sobre Evolução e durante a sua entrevista.

Em outras palavras, procuramos identificar, nos registros por nós efetuados acerca das aulas observadas, nas transcrições das mesmas, e da entrevista do professor, indicações que refletissem as suas concepções sobre ensino, aprendizagem e conhecimento (Evolução).

Para organizar os dados e analisar as concepções do professor sobre Evolução, adotamos procedimento utilizado com relação às concepções dos alunos. Isto é, realizamos sucessivas leituras das transcrições das aulas e da entrevista a fim de detectar os núcleos de significação no conteúdo expresso pelo professor, conteúdo este que foi analisado segundo as mesmas categorias já mencionadas para a análise das concepções dos alunos. Tal procedimento possibilitou dimensionarmos a influência do processo de ensino nas concepções prévias dos alunos.

No capítulo que se segue, apresentamos e discutimos os dados referentes a esta investigação.

CAPÍTULO III

AS IDÉIAS DE EVOLUÇÃO

Neste capítulo, os dados obtidos na pesquisa são analisados e discutidos em três etapas.

Na primeira, denominada "a dinâmica da sala de aula", procuramos *i)* caracterizar os sujeitos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem por nós observado, e, *ii)* desvelar o modelo psicopedagógico no qual parece se embasar o processo de ensino desenvolvido pelo professor.

Na segunda, "a Ciência e sua construção" buscamos discutir a concepção de Ciência veiculada pelo professor durante as aulas de Evolução ao abordar a história do Evolucionismo.

Finalmente, na terceira etapa, denominada "Recombinando as idéias", discutimos as concepções de Evolução dos alunos e do professor envolvidos no processo de ensino-aprendizagem sob análise. Desta forma, buscamos estabelecer relações entre as idéias prévias e posteriores dos estudantes e as possíveis implicações que as concepções do professor, manifestadas durante as aulas, exerceram no reforço ou refutação das pré-concepções dos alunos.

Passamos, então, a apresentar e discutir o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Evolução por nós observado.

3.1. A Dinâmica da Sala de Aula: Pista Inicial

As seis aulas ministradas pelo professor sobre o conteúdo de Evolução transcorreram no período de 10 à 24/11/92.

Dentre essas, uma foi utilizada para a projeção do filme "O Rei das Montanhas", cuja temática relacionava-se de forma bastante tênue com Evolução, e uma segunda para correção de exercícios propostos por nós.

A classe, cujas aulas foram observadas, era constituída de vinte e quatro alunos na faixa etária entre dezesseis e dezoito anos. A frequência desses alunos às aulas foi bastante oscilante, aumentando, em geral com a proximidade das avaliações.

A sala da turma 2ª CB situava-se num local bastante desfavorável da escola, onde o barulho de tráfego era intenso e por vezes tornava-se impossível ouvir o que estava sendo dito pelo professor. Além disso, as aulas eram constantemente interrompidas para que fossem dados avisos, recados ou mesmo para o professor assinar a frequência. Houve dia em que a aula foi interrompida três vezes, por motivos dessa natureza.

O "clima de quebra" da aula era constante, não só pela situação descrita anteriormente mas, também, pela conduta dos próprios alunos que normalmente entravam em sala após ter começado a aula, ou a interrompiam para conversar com colegas.

Vale ressaltar que o professor não se manifestou em nenhum momento com relação a estes tipos de interrupções.

O conteúdo das aulas, em geral, era ditado e por algumas vezes, o professor desenhou esquemas no quadro de giz com o objetivo de ilustrar o que estava sendo dito no momento.

A interação professor-aluno era bastante informal e os alunos pareciam sentir-se plenamente à vontade ao se dirigirem àquele. Apesar disso, durante as aulas, a maioria dos alunos se ocupava com atividades de leitura ou cópia de assuntos de outras disciplinas. Somente em poucos

momentos, é que a atenção deles voltava-se para o conteúdo apresentado pelo professor.

Embora as relações fluíssem em "mão dupla" no nível interpessoal, o mesmo não ocorria em se tratando do processo de ensino-aprendizagem do conteúdo. Neste caso, percebemos nitidamente a unilateralidade da relação, onde o professor passava a ser o detentor do conhecimento e os alunos meros receptores deste. Neste sentido, o modelo psicopedagógico em que se assentava a dinâmica do processo de ensino-aprendizagem era o de transmissão-recepção. Este modelo ficou bastante evidenciado no decorrer das aulas, pois, por exemplo, em nenhum momento o professor utilizou as concepções prévias dos alunos, as quais tinha tido acesso durante a entrevista, como ponto de partida para o seu ensino.

Por sua vez, coerente com tal modelo, a concepção de Ciência veiculada pelo professor configurava-se como um corpo de conhecimentos cristalizados, imutáveis, cabendo a ele apenas depositar nas "cabeças vazias" dos alunos a veracidade incontestável dos conteúdos do ensino.

Em geral, as poucas intervenções dos alunos eram manifestadas sob a forma de perguntas que normalmente eram "re-lançadas" para a turma que ficava, portanto, sem respostas conclusivas.

A idéia de que os alunos não possuem qualquer concepção sobre conteúdos escolares, ou que, se as têm, não são relevantes para a construção do conhecimento, esteve presente em diversos momentos da fala do professor quando, por exemplo, durante a entrevista, ao referir-se a um projeto da Secretária de Educação - SEDUC - sobre Planejamento Participativo que reuniria professores e alunos para a proposição de atividades escolares, emitiu o seguinte comentário:

Você vê, aquele aluno que pouco viu ou que nada viu, não tem nada a acrescentar. Ele vai conversar, conversar com o professor. Então você não pode falar de planejamento participativo quando o aluno não pode contribuir. (grifos nossos)

Outro momento, em que esta mesma concepção ficou evidente, foi quando o professor disse sentir-se estimulado com "alguém de fora" (no caso, eu) assistindo às suas aulas, pois isso fazia com ele transmitisse melhor o conteúdo. Implícito nesta declaração do professor reside a idéia de que somente uma pessoa que conheça o conteúdo e, portanto, esteja no mesmo nível dele, possa ser um interlocutor nas discussões. Neste caso, como os alunos não "dominam" tal conhecimento, a única relação, na concepção do professor, que pode ser estabelecida entre ele e seus alunos é a de transmissão-recepção.

Este fato possibilita-nos refletir, também, sobre quão solitária tem sido a tarefa do professor. Estando ele privado de interações mais profundas com seus pares, se vê "ilhado" em sua sala de aula.

Tal privação decorre de um sistema escolar fragmentado, onde o planejamento de ensino, que deveria ser um momento de permuta de experiência e de discussões sobre o processo de ensino-aprendizagem, não ultrapassa à mera formalidade da "elaboração" de uma listagem de conteúdos que, na maioria das vezes, conforme expresso pelo professor, é "xerocada" do ano anterior ou copiada do índice de livros didáticos.

Um outro aspecto que nos chamou a atenção pela sua recorrência durante o período de ensino do conteúdo de Evolução foi a falta de planejamento das aulas por parte do professor. Exemplo disso, foi a aula onde houve a projeção do filme já mencionado, na qual as condições materiais não foram atendidas (local inapropriado para a projeção do filme, número insuficiente de cadeira para os alunos), e relacionabilidade entre a temática do filme e o conteúdo que estava sendo ensinado pelo professor não foram estabelecidas.

Neste aspecto, o professor sequer mencionou antes, durante ou depois da projeção do filme qual a relação desse com o conteúdo de Evolução, ficando, portanto, a critério dos alunos a atribuição de algum significado para aquela "eventual" relação.

A ausência de planejamento das aulas, evidenciou-se, ainda, na falta de sistematização com que o conteúdo em questão foi apresentado ao longo do processo de ensino-aprendizagem. Os conceitos não foram apresentados de forma articulada, nem tampouco obedeciam

a uma hierarquia conceitual, onde os mais amplos deveriam servir de ancoradouro para os mais específicos.

O conceito mais amplo do conteúdo de Evolução -transformação - e que deveria subsumir os demais apresentados pelo professor, foi abordado superficialmente. As variáveis espaço/tempo, fundamentais para a construção da concepção de Evolução, não foram trabalhadas durante as aulas observadas. Deste modo, o professor não estabeleceu elos entre os conceitos ensinados apresentando-os de forma desconexa e fragmentada.

Assim, a partir deste panorama, podemos dizer que a dinâmica da sala de aula, durante o período de observação, não favorecia explicitamente a ocorrência de aprendizagem significativa nos alunos.

3.2. A Ciência e sua Construção: a "lente" do professor

Nesta etapa, discutimos a concepção de Ciência manifestada pelo professor durante o processo de ensino-aprendizagem por nós observado.

O professor iniciou a abordagem do conteúdo de Evolução historiando a origem da Teoria Evolucionista, onde enfatizou a divergência entre Fixismo e Evolucionismo.

Porém, ao discutir a teoria Fixista, o professor a apresentou como sinônimo de Criacionismo ou da teoria da criação especial. Obviamente, há intercruzamentos entre essas teorias. Entretanto, elas não expressam estritamente as mesmas idéias, uma vez que o criacionismo refere-se à origem dos seres vivos como um processo de criação divina, enquanto o fixismo trata da imutabilidade dos mesmos.

A apresentação das teorias criacionista e fixista como sinônimos é bastante frequente inclusive em livros didáticos. Talvez esta associação, a nosso ver inadequada, ocorra devido ao fato dos cientistas usualmente vinculados à história do desenvolvimento da teoria fixista

(Lineu, Cuvier) terem sido declaradamente criacionistas. Além disto pode-se também atribuir tal associação a uma interpretação literal da Bíblia na qual a idéia fixista, durante muitos séculos pareceu explicar, de forma admirável, a variedade dos seres vivos existentes (Freire-Maia, 1985).

Porém, o evolucionismo não é, a nosso ver, contrário ao criacionismo mas, sim, ao fixismo, uma vez que ambas as teorias (Fixista e Evolucionista) "podem igualmente, assentar-se sobre a idéia de criação" (Freire-Maia, 1985, p. 2029).

Apresentando fixismo e criacionismo como sinônimos, o professor acaba veiculando uma interpretação ateísta de Evolução, desconsiderando a questão da Evolução negar a existência de um Deus tem sido bastante discutida pelos mais renomados biólogos evolucionistas como Simpson (1962), Dobzhansky (1972) e Freire-Maia (1985).

Neste particular, ao que parece no meio científico a polêmica Criação x Evolução não se apresenta atualmente com a rivalidade de outrora. Entretanto, no meio escolar, ainda persiste uma certa idéia ateísta em torno da Teoria da Evolução. Essa concepção fica evidente na discussão das pesquisas sobre ensino de Evolução (Cap. I - 1.2.) e também na fala do professor quando, na entrevista, manifesta-se da seguinte forma:

PROF. - (...) Também existe uma barreira porque nós temos escolas que são chamadas convencionais, escolas religiosas, que o ensino de Evolução nem passa.

ENT. - Tu já trabalhaste em alguma escola assim?

PROF. - Já.

ENT. - Mas tinha assim ... uma proibição?

PROF. - Não. Nenhuma, mas o professor tem medo de perder o emprego quando trabalha num lugar mais ou menos reacionário.

Essa proibição tácita revela quão distanciados do pensamento científico atual estão os objetivos educacionais da maioria de nossas instituições de ensino médio, pois não levam em conta a importância da teoria Evolucionista para o conhecimento biológico e, neste sentido, para

o ensino de Biologia, pois conforme apontado por Gould (1992a, p. 261):

A Evolução é uma entre a meia dúzia de "grandes idéias" desenvolvidas pela Ciência (...) Devemos privar milhões de seres desse conhecimento e voltar a ensinar biologia como um conjunto de fatos não relacionados, sem o fio que cose os diversos tecidos para formar uma unidade maleável?

Na sequência do ensino, o professor apresenta Lamarck como sendo a primeira pessoa a atribuir importância à adaptação dos seres vivos para a Evolução, ou transformação, como era chamado o processo, e desta forma afirma que:

ele (Lamarck) é o primeiro, não mais que o primeiro a levantar a importância da adaptação para as modificações ou transformações surgidas pelo organismo. (sic)

Como já vimos (Cap. I - 1.3.) o transformismo é uma idéia bastante antiga, pois os gregos já concebiam a mutabilidade dos seres vivos. Neste aspecto, Empédocles (492-430 a.C.) já propunha que os seres inadaptados tendem à extinção (Théodoridès, 1984). Vemos, portanto, nesta concepção, rudimentos da Teoria da Seleção Natural proposta por Darwin no século XIX. Logo, Lamarck não foi o primeiro a reconhecer o importante papel desempenhado pela adaptação nas transformações dos seres vivos. Na realidade, Lamarck foi o primeiro a sistematizar esta idéia em uma teoria tornando-a, assim, de domínio público.

A idéia de adaptação como um importante fator evolutivo já existia "no ar", Lamarck apenas a consolidou através de sua teoria num momento em que a Ciência já havia avançado em diversos aspectos como Anatomia Comparada, Embriologia, Fisiologia etc... estando, portanto, "apta" para incorporar tal questão.

Ao explicar e refutar as leis propostas por Lamarck (uso, desuso, transmissão dos caracteres adquiridos) o professor usou exemplos cotidianos bastante próximos da vivência dos alunos, como a hipertrofia muscular provocada por exercícios frequentes da musculatura; a hipotrofia que ocorre quando um membro é engessado, ou o espirituoso exemplo da "língua das

pessoas falantes". Estes foram pontos altos das aulas, onde percebemos que a atenção e o interesse dos alunos voltavam-se para as explicações do professor.

Porém, esta dinâmica adotada pelo professor só esteve presente durante a apresentação da teoria de Lamarck, não ficando configurada sua adoção ao longo do processo de ensino-aprendizagem por nós observado.

Ainda tratando da evolução histórica da teoria evolucionista, o professor cometeu uma série de equívocos como: apresentar a "teoria da continuidade do plasma germinal" de Weissman como opondo-se às leis de Lamarck quando, na realidade, a teoria de Weissman opunha-se à teoria da Pangênese proposta por Darwin em 1868. Além disso, o professor mencionou que a redescoberta dos trabalhos de Mendel permitiu elucidar a questão da origem da variabilidade. Neste particular, o professor comenta que talvez a falta de conhecimento de genética na época, tenha levado Darwin a dirigir suas pesquisas para uma resposta não científica.

Neste contexto, pode-se perceber uma referência implícita àquele clássico lamento "Ah, se Darwin tivesse conhecido os trabalhos de Mendel..."; essa idéia de que o conhecimento da Teoria Mendeliana solucionaria as questões obscuras da teoria de seleção natural é falsa. Bizzo (1991) relata que Darwin teve acesso aos trabalhos de Mendel. Entretanto, ao que parece, não encontrou neles nenhuma relação com sua hipótese sobre a herança dos caracteres - a pangênese.

Desta forma, percebe-se na postura assumida pelo professor que este entende a história do desenvolvimento científico como a história da superação das idéias, onde novos postulados vêm sobrepor-se aos anteriores, aperfeiçoando-os. Essa concepção de uma evolução linear das idéias científicas foi reforçada mais adiante quando o professor apresenta Hugo De Vries, autor da teoria mutacionista, como o cientista que veio elucidar as implicações genéticas do processo evolutivo, inaugurando o neodarwinismo.

Sabe-se, entretanto, que o neodarwinismo, conhecido mais propriamente como "Teoria Sintética da Evolução", por sintetizar o mutacionismo e seleção natural como principais mecanismos evolutivos, só foi proposto cerca de 30 anos após a teoria de De Vries. Antes disso, o mutacionismo se opunha claramente ao darwinismo, como evidencia Cunha (1986, p. 1122) ao dizer:

O darwinismo era considerado por ele (De Vries) como idéia ultrapassada e a evolução seria causada e dirigida pelas mutações.

Desta forma, parece-nos que a história apresentada pelo professor, além de não corresponder aos registros que se tem acesso, está impregnada de uma concepção de desenvolvimento científico como uma sucessão de fatos articulados e lineares.

Um outro aspecto que nos chamou a atenção foi o fato do professor apresentar constantemente a imagem de "um Darwin" pouco ético, que se utilizava de um staff de pesquisadores para coletar materiais para suas investigações. Nestes termos, chega a comparar Darwin com Jacques Costeau ao dizer:

Eu, quando leio sobre Darwin eu o comparo com Costeau (...) Ele (Costeau) realiza essa experiência, essas viagens (...) e no final sai: "Costeau na Amazônia", mas quem pesquisou realmente não foi ele (...). Assim aconteceu com Darwin, junto com ele tinham geólogos, antropólogos.

Contrastando com tal idéia, o professor apresenta "um Lamarck" sempre bem intencionado. Mesmo quando criticava sua teoria, encontrava um meio de atenuar os "erros" dizendo que estes decorriam da escassez de materiais e instrumentos adequados às pesquisas daquele cientista.

Estes "julgamentos de valor" diferem da usual abordagem adotada em livros didáticos, onde Lamarck aparece sempre como "o errado" e Darwin como "o grande descobridor" (Cicillini, 1991; Bizzo, 1991).

A tentativa do professor apresentar Lamarck como um cientista de valor é válida, já que, em geral, sua teoria em muitas ocasiões é ridicularizada e apresentada como absurda, quando sabemos que na época ela contribuiu, significativamente, para o desenvolvimento da Ciência. Porém, a imagem de Darwin construída pelo professor, parece ser bastante equivocada. Dizer que este cientista apenas reuniu dados coletados por uma equipe de pesquisadores, é não só cometer um

erro histórico (pois não se tem notícia de que Darwin dispunha de tal equipe), como menosprezar e desconhecer os vinte e dois anos de trabalho gastos na elaboração de sua primeira síntese, "A origem das espécies".

Além desses "viéses" históricos, o professor, algumas vezes, deixou transparecer uma concepção de Ciência onde o status de cientificidade estava na dependência de comprovações experimentais. Isso ficou evidente em uma exposição durante a segunda aula.

Nossos antepassados, sem muita base científica, apenas observando a natureza, os grandes filósofos da humanidade não tinham nenhum instrumento para realizar pesquisas a não ser o seu raciocínio (grifos nossos).

Esta é uma visão tipicamente indutivista de Ciência, onde o científico é o comprovado empiricamente. Nesta concepção "as teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados das experiências adquiridas por observação e experimentação" (Chalmers, 1993, p. 23).

Chalmers (1993) aponta que nos tempos atuais esta é uma concepção popular de Ciência que tende a ser gradualmente abandonada, pois é difícil crer que toda a produção científica acumulada ao longo desses anos seja produto de "experimentações e observações imparciais" dos fenômenos naturais.

A teoria evolucionista, para citar um exemplo, não é resultante de mera observação. Ao contrário, nela encontramos explicações extremamente dedutivas. Acrescente-se a isso o fato do pensamento político, econômico e social britânico ter sido elemento constitutivo da teoria darwinista da seleção natural, apontando que as teorias biológicas e sociais derivadas do darwinismo têm existência separada apenas nos cartórios de imóveis dos historiadores mais conservadores (Bizzo, 1991, p. 82).

Desta forma, assim como nós, os cientistas olham o mundo através de "óculos conceituais ou teóricos" que lhes dirigem as observações e as construções de explicações para os fenômenos que investigam. Entretanto, esta não foi a concepção de Ciência veiculada pelo professor

para os alunos. Coerentemente com o modelo transmissão-recepção, sob o qual se alicerça a sua prática pedagógica, o professor veicula uma imagem de Ciência indutivista - empirista, inquestionável e verdadeira.

Por fim, nesta etapa de análise das concepções de Ciência do professor, detectamos três problemas que nos chamaram a atenção, pelas implicações que podem vir a ter na aprendizagem dos alunos e pelo que revelam quanto à formação do professor. São eles:

- 1º - falta de domínio sobre o conteúdo de Evolução;
- 2º - visão distorcida da história da produção deste conhecimento;
- 3º - uma visão empiricista de Ciência.

Tais problemas, que refletem sérias distorções na formação do professor em um dos conteúdos mais importantes de sua área de conhecimento, justificam a apresentação para os alunos de uma imagem de Ciência consensual e linear, onde cada nova "descoberta" vem complementar, na medida exata, a que lhe antecedeu camuflando, assim, os embates, os conflitos que permeiam toda a história das construções humanas. Nestes termos, Darwin aproveitou o que havia de bom na teoria de Lamarck, Hugo De Vries fez o mesmo com a de Darwin e, assim, sucessivamente.

Deste modo, a imagem de Ciência veiculada pelo professor é romântica, distante do mundo dos "mortais" e, portanto, não acessível aos alunos. Esta imagem, a nosso ver, distancia o estudante dos "domínios" da Ciência dificultando, assim a apropriação do conhecimento científico, que constitui um dos objetivos fundamentais do ensino das Ciências.

3.3. Recombinando as Idéias

Em continuidade à análise do processo de ensino-aprendizagem por nós observado discutimos, a seguir, as concepções de Evolução manifestadas pelos alunos e pelo

professor, à luz das categorias descritas no Cap. II - 2.5, isto é:

- i) Os significados de Evolução**
- ii) Dimensões Evolutivas**
- iii) Fatores Evolutivos**
- iv) Funções do Processo Evolutivo.**

A análise simultânea das concepções de alunos e professor tem por finalidade de estabelecer relações entre as idéias prévias e posteriores dos estudantes e as concepções de Evolução do professor manifestadas, implícita ou explicitamente, durante as aulas. Em outras palavras, procuramos verificar as possíveis implicações das idéias de Evolução apresentadas pelo professor no reforço, manutenção ou refutação das concepções prévias de seus alunos.

Todavia, antes de entrarmos na análise e discussão destas concepções, julgamos necessário estabelecer algumas premissas fundamentais à compreensão do processo evolutivo que se fundamentam na "Teoria Sintética" da Evolução.

Baseando-se nesta teoria, Cicillini (1991, p. 35) indica alguns pontos que devem ser considerados na análise do processo de Evolução dos seres vivos. São eles:

- a Evolução tem por objeto a população e não o indivíduo;
- a Evolução deve ser entendida como um processo de transformação que ocorre no organismo e no meio e não tem necessariamente sentido de progresso;
- o processo evolutivo é destituído de previsibilidade, intencionalidade e diretividade;
- a Evolução é produto da interação meio-ser num determinado período de tempo.

Além dessas premissas gostaríamos de acrescentar que:

- a Evolução é um processo de transformações contínuas, passíveis de serem

transmitidas hereditariamente;

- o processo evolutivo é destituído de funcionalidade, de vez que, é uma propriedade intrínseca da matéria.

Considerando tais premissas como referencial teórico analisamos e discutimos a seguir as concepções de Evolução manifestadas pelos alunos e pelo professor de Biologia, observando as categorias que foram privilegiadas.

i. Os significados de Evolução

No que diz respeito a tal categoria, três significados básicos foram atribuídos pelos alunos à palavra Evolução durante a entrevista e nas respostas ao questionário. Eles compreendem Evolução como: transformação; maturação e; progresso.

Tais significados apresentam-se intimamente relacionados o que, até certo ponto, torna frequente a superposição dos mesmos. Entretanto, a fim de aprofundarmos sua análise, apresentamos, a seguir, cada um deles separadamente.

1. Evolução como transformação

Em diversas ocasiões, os alunos relacionaram Evolução com as transformações ocorridas nos ou "sofridas" pelos seres vivos.

Assim como Bizzo (1991), percebemos os alunos concebem o processo evolutivo como algo genérico, não estando portanto limitado a aspectos biológicos. Deste modo, as transformações mencionadas por 87% dos alunos poderiam situar-se tanto no âmbito orgânico quanto no

cultural.

Neste sentido, os estudantes "transitavam" muito fluentemente entre essas duas dimensões evolutivas, tal como pode ser percebido no exemplo a seguir, no qual Yan¹ define Evolução como mudança física e mental de um ser e logo em seguida, diz que:

*O homem evolui devido ele estar mudando suas culturas (sic),
as suas características e seus hábitos.*

Além da não delimitação do processo evolutivo ao âmbito biológico, percebemos que para os alunos as transformações só adquirem caráter evolutivo se puderem ser sensorialmente perceptíveis. Esta tendência de pensar a Evolução como algo observável no nível sensorial ficou razoavelmente evidente em respostas como a de Luci:

*(...) com o passar dos anos nós (sic) vamos nos modificar mudar
nossa fisionomia é um modo (sic) de evolução. (grifo nosso)*

Ainda nesta perspectiva, os alunos concebem como evolutivas as transformações relacionadas com aspectos culturais, morais ou intelectuais, uma vez que estas podem ser sensorialmente perceptíveis através de seus efeitos. Assim, os avanços científicos e tecnológicos "comprovam" a ocorrência do processo evolutivo para os estudantes, conforme evidenciam os exemplos abaixo.

*Os seres humanos estão cada vez mais evoluindo através de
muitas coisas como invenções, pesquisas.*

Homens (evoluem) por causa do grande avanço da medicina.

Este tipo de concepção é muito bem descrito por Santos (1991, p. 105), quando menciona que, neste caso, o "pensamento é dominado por traços salientes de uma situação material", onde o que não se "vê" não existe.

¹ Os nomes dos alunos utilizados ao longo do texto são todos fictícios.

Deste modo, fica claro porque Ana não considerou que o exemplo da anemia falciforme, apresentado durante a entrevista, configurasse uma Evolução. Neste caso, existiam dois obstáculos para que este exemplo não fosse considerado como tal. O primeiro era supostamente o fato da anemia não se manifestar em termos de caracteres aparentes, enquanto o segundo diz respeito à natureza da alteração, i. é, o adoecimento não combina com a concepção de Evolução como progresso que os alunos manifestam (como veremos mais adiante). Portanto, a anemia falciforme não poderia ser considerada como um exemplo de Evolução pelos alunos.

Percebe-se, então, que o significado de transformação atribuído à Evolução pelos estudantes, está atrelado a aspectos da percepção sensorial e a juízos de valor, como é, por exemplo, a idéia de que Evolução implica progresso.

Consideramos que a concepção de Evolução enquanto transformação deveria ser bastante explorada durante as aulas, uma vez que este conceito é o mais abrangente, a partir do qual se derivam outros conceitos mais específicos. Deste modo, poder-se-ia discriminar, por exemplo, a Evolução no âmbito cultural e orgânico ou que tipo de transformações constituem Evolução para a Ciência.

Entretanto, durante as aulas, o professor limitou-se a apresentar a seguinte definição para Evolução:

É a parte da biologia que estuda as transformações sofridas pelos seres vivos através dos tempos.

Nota-se, que esta definição, própria dos manuais didáticos, isoladamente não caracteriza o processo evolutivo, pois não delimita o conceito de transformação nem tampouco a variável tempo. Aparentemente qualquer transformação ocorrida nos seres vivos em qualquer espaço de tempo, pode se constituir como Evolução. Entretanto, sabemos que Evolução biológica é "a mudança nas propriedades das populações dos organismos que transcende o período de vida de um único indivíduo".

Assim, considerando as premissas necessárias à compreensão do processo evolutivo, percebemos que no mínimo duas não foram contempladas naquela definição: o caráter populacional e a natureza hereditária das transformações.

Todavia, esperávamos que ao longo do processo de ensino o professor explicitasse tais atributos, porém, isso não se concretizou. Somente na última aula, num diálogo estabelecido com a aluna Chris, durante a correção dos exercícios, o professor deixa transparecer o caráter hereditário das transformações evolutivas ao responder a pergunta, de Chris, transcrita abaixo.

Chris - As modificações são herdáveis?

Prof. - Se atingirem o código genético, sim."

Além do caráter lacônico da resposta, que parece nada ter acrescentado ao entendimento da aluna, tal resposta foi dada quase em particular e poucos alunos da turma tiveram acesso a ela.

Quanto à questão populacional, esta não foi mencionada em nenhum momento da aula e nas respostas dos alunos (como veremos a seguir) percebemos várias vezes a atribuição de individualidade ao processo de Evolução. Assim, o fato do professor não ter explicitado o caráter populacional e a natureza das transformações evolutivas propiciou a manutenção das idéias prévias dos alunos. Como a "nova idéia" apresentada pelo professor não introduziu elementos conflitantes com as concepções prévias dos estudantes, estes acabaram por construir tal idéia em prolongamento com a antiga (Santos, 1991, p. 110).

Talvez esta forma superficial de abordar o conceito de Evolução, reflita uma grande insegurança do professor em assumir a Evolução como um fato. Essa inferência sobre a ação do professor está baseada em sua fala durante a entrevista quando reiteradas vezes manifestou-se nos seguintes termos:

Você não tem uma coisa positiva, uma definição muito clara e você nem tem certeza de que houve realmente uma Evolução.

Deste modo, cotejando aspectos da fala da ação do professor, concordamos com Pope e Scott (1988, p. 179) quando dizem que "o ponto de vista que os professores têm sobre o conhecimento, sua epistemologia, afetam o modo como enfocam seu ensino".

2. Evolução como maturação

A idéia de Evolução como amadurecimento ou desenvolvimento orgânico do indivíduo, não é algo novo. Na realidade, originalmente o termo "Evolução" era concebido como tal na teoria pré-formista.

Esta supunha que os seres vivos (o homem em particular) já estariam formados no interior do ovo ou no esperma, restando à fecundação apenas o papel de desencadear o processo de crescimento ou maturação do ser (Jacob, 1983).

Sendo assim, evoluir ou "evolvere" significava desenrolar, crescer de tamanho dentro de condições pré-estabelecidas (Gould, 1987).

Talvez, por isso, Darwin tenha adotado "descendência com modificação", Lamarck "transformismo", Haeckel "teoria das transmutações" evitando usar a palavra Evolução ao nomearem as transformações ocorridas nos seres vivos.

Na realidade, o termo Evolução no sentido atual foi desapropriado do "vernáculo pré-formista". Isto porque no sentido anterior "toda a raça humana, por exemplo, já estaria pré-embalada nos ovários de Eva" o que impossibilitaria qualquer alteração no "curso preordenado de nossa passagem pela Terra" (Gould, 1987, p. 26).

Dentro da atual concepção de Evolução os caminhos evolutivos de uma espécie são, por assim dizer, construídos durante o processo. Em outras palavras, os "caminhos" surgem ao "caminhar", logo, não estão estabelecidos a priori.

Talvez, como decorrência de uma herança cultural, por várias ocasiões os alunos associaram o processo evolutivo ao de maturação orgânica. Este vínculo conceitual estabe-

lecido pelos estudantes torna-se evidente nos exemplos a seguir, onde, ao responderem se acreditavam na ocorrência da Evolução dos seres vivos, expressaram-se da seguinte forma:

Sim, porque eles nascem, crescem...

A pessoa tá evoluída, ela cresceu e fez outra pra evoluir.

Nota-se aí que há, também, uma relação da concepção de Evolução como maturação com a idéia de reprodução dos seres. Esta relação, é um importante aspecto que deveria ser bastante explorado durante as aulas, pois a trama evolutiva processa-se através da reprodução dos organismos, i. é, características orgânicas favoráveis ou desfavoráveis são, criadas, mantidas, transmitidas ou eliminadas via reprodução. A recombinação gênica, uma das fontes de variabilidade dos seres vivos, é forjada durante o processo reprodutivo. Assim, este elo Evolução-reprodução assume extrema relevância para o entendimento dos mecanismos evolutivos.

Entretanto, durante todo o período de ensino por nós observado, o professor não associou a reprodução com a Evolução dos seres vivos. Quando mencionou as fontes de variações genéticas, como a recombinação e as mutações, o fez dissociado do processo reprodutivo.

Apesar de ter desenhado, esquematicamente, cromossomos homólogos para explicar que a recombinação gênica se processa através da troca de pedaços desses cromossomos, o professor não abordou o fato deste mecanismo ser possível através da reprodução sexuada, sendo que nos seres de reprodução assexuada a variabilidade é ocasionada, em geral, apenas pelas mutações. Desta forma, ele poderia ter propiciado aos alunos uma visão mais integral dos processos biológicos, onde o "micro e o macro" se articulam e se explicam.

Contrariamente, demonstrando que na sua visão cada assunto tem seu "escaninho", o professor encerrou as aulas sobre o conteúdo de Evolução dizendo:

mutações é assunto de genética de populações, aqui acabou Evolução.

Ainda decorrente da concepção de Evolução como maturação, os alunos demonstraram compreender o processo evolutivo como algo unidirecional e, portanto, preditível, uma vez que maturar significa desenvolver características previamente estabelecidas.

A idéia de que se pode, de certa forma, predizer os caminhos da Evolução ficou bastante nítida, quando ao questionarmos a importância de se estudar tal conteúdo, os alunos responderam do seguinte modo:

É importante demais, porque só assim saberemos porque somos o que somos, quais nossas origens e como podemos evoluir mais.

O passado influi no futuro, conhecendo nossos antecessores preparamos nossos sucessores para uma evolução para melhor.

A idéia de preditividade esteve presente também na fala do professor durante sua entrevista, quando nos descrevia como costumava iniciar o ensino de Evolução. Neste sentido, o professor apontou o seguinte:

Eu digo para os meus alunos. Se um dia inventarem a máquina do tempo, eu não quero ir para o futuro, porque eu já sei onde a gente vai chegar (...) vai acabar com tudo. Eu quero ir para o passado, (...) eu quero ver como era esse ambiente... . (grifos nosso)

Ao lado da concepção de preditividade, podemos notar uma sutil referência ao papel do homem no destino do mundo. Este marcado antropocentrismo, a nosso ver, dificulta o entendimento, para os alunos, da Evolução, como um processo natural, global, inexorável.

Abordar o processo evolutivo a partir da Evolução humana (como ocorreu no ensino observado) é favorecer uma "leitura" humanizada dos processos naturais, é deduzir do particular o geral. É, enfim, reforçar o antropocentrismo manifestado pelos alunos, pois como nos diz Gould (1992b, p. 14)

O verdadeiramente belo da natureza é a sua amplidão; ela existe, mas não para nós nem por causa de nós, e possui um poder de se sustentar que nem todo o nosso arsenal nuclear pode destruir (embora possa facilmente destruir-nos, raquíticas criaturas). (grifo nosso)

3. Evolução como progresso

A concepção de Evolução como progresso, é notadamente uma das mais recorrentes entre os estudantes que participaram desta pesquisa, já que 16 entre os 24 alunos conceberam a Evolução como um processo de aprimoramento de características, sejam elas físicas ou intelectuais, tal como expresso nos exemplos abaixo.

Evolução é o aperfeiçoamento cada vez mais (sic) dos seres vivos.

Evoluem (os seres vivos) porque ao passar do tempo (sic) vamos mudando nossas características e progredindo mais.

Nestes casos, a conotação atribuída à palavra Evolução está permeada pelo significado que ela possui na linguagem cotidiana constituindo-se, assim, um obstáculo verbal à compreensão do processo evolutivo. Isto porque a noção de progresso sugere a idéia de finalismo, de linha evolutiva que vai do mais simples ao mais complexo. Enfim, sedimenta uma visão teleológica que contraria a atual concepção científica de Evolução.

Na realidade, Evolução é um processo de contínua emergência de novas formas e, deste modo, "só podemos dizer que uma 'forma' primitiva pode produzir tais e tais 'formas' futuras depois que essas tenham ocorrido" (Freire-Maia, 1988, p. 94). Portanto, não há uma senda que conduza os seres a um patamar privilegiado de "perfeição", mas milhões de caminhos que podem levar tanto à temporária "vitória" da adaptação quanto à "derrota" e conseqüente extinção.

Implícito na concepção de Evolução como progresso está, novamente, uma visão antropocêntrica "baseada em pontos de vista humanos, essencialmente pragmáticos" (Santos, 1991, p. 107), onde atribui-se à fenômenos algumas qualidades próprias do homem.

Deste modo, valendo-se de uma lógica cultural, os estudantes analisam o processo evolutivo semelhantemente aos construtos humanos, nos quais todas as ações são planejadas visando aprimoramento, ajuste, melhoria, superação.

Esta parece ser, também, a lógica do professor, pois ao avaliar a resposta de um aluno, durante a entrevista, que havia definido Evolução como o aperfeiçoamento, posicionou-se da seguinte forma:

Eu acredito que quanto ao organismo (...) seria um aprimoramento a partir daquele começo, a partir daquelas situações, da água para o solo, do solo para o ar, eu acredito que foi havendo um aprimoramento dos órgãos.

Essa noção de diretividade, melhoria, complexificação crescente evidenciada pelos estágios aquático, terrestre e aéreo dos seres vivos foi também apresentada pelo professor durante a segunda aula,

Ai você numa escala evolutiva trabalha por milhões de anos e chega neste produto semi-elaborado, mal acabado que é a espécie humana. (grifo nosso)

A idéia de escala, arrematada como a de chegada, evidencia uma concepção finalista típica do pensamento lamarckista que propõe haver uma "tendência" da matéria viva para o aperfeiçoamento (Jacob, 1983).

Neste caso, o critério de mais ou menos evoluído é determinado pela maior ou menor proximidade à espécie humana. Entretanto, como diz Simpson (1962, p. 241):

A aproximação ao "status" humano é um critério razoável de progresso para o homem, da mesma forma que a aproximação de

um 'status' aviário seria válido para a ave, ou a um "status" protozoário, um válido critério para o protozoário.

Desta forma, a concepção manifestada pelos alunos de Evolução como um processo de aprimoramento de características centrado no homem, encontrou eco no discurso do professor.

Apesar disso, ao responderem a pergunta, "Como você entende Evolução", no exercício final, 65% dos alunos limitaram-se a transcrever a definição ditada pelo professor; 22% copiaram definições de livros, 9% relacionaram o processo evolutivo com adaptação e 4% estabeleceram relação entre transformação-homem-tempo.

Entretanto, tal constatação pode evidenciar uma situação usual apontada pela literatura (Driver e Erickson (1983), Osborne e Wittkock (1983), Gilbert e Watts (1983) e Hasweh (1986)) onde os alunos memorizam e utilizam a concepção cientificamente aceita (neste caso aceita como tal pelo docente) para "agradar" ao professor e passar nas provas, contudo, continuam usando suas idéias prévias para resolver ou interpretar os seus problemas e experiências cotidianas, não se concretizando, desta forma, a mudança conceitual.

A permanência das concepções prévias ficou bastante nítida nos alunos que expressaram suas próprias idéias sem utilizar a definição do professor. Foi o caso, por exemplo de Alex que no questionário inicial e no exercício final respondeu que Evolução é:

A necessidade do ser adaptar-se ao meio em que vive.

Desta forma, a impressão que fica é a de que, não se baseando nas idéias prévias dos alunos para organizar seu ensino, as informações ou definições científicas saíram dos apontamentos ou livros do professor para os cadernos dos alunos, sem passar pela "cabeça" de nenhum dos dois (Schnetzler, 1993a).

Diante do exposto, podemos perceber que os significados atribuídos, pelos alunos e pelo professor, ao processo evolutivo, refletem a história do desenvolvimento semântico da palavra Evolução, como é o caso de maturação e, também espelha suas visões e posturas

epistemológicas.

Para que o processo de ensino-aprendizagem sob análise fosse pautado pelo favorecimento à mudança conceitual nos alunos, seria essencial que o professor procedesse, no dizer de Bachelard (in: Santos, 1991) a uma psicanálise do conhecimento prévio do aluno "para que se chamasse à consciência elementos de um inconsciente alheios ao espírito científico" (p. 208).

Porém, mais fundamental ainda, seria que o professor auto-analisasse suas próprias concepções, a fim de que assumindo a postura de detentor do conhecimento, não promovesse ou reforçasse as idéias "errôneas" de seus alunos.

iii) Dimensões Evolutivas

Pelas respostas dos alunos pudemos constatar que eles admitem duas dimensões possíveis de ocorrência para o processo evolutivo: a Dimensão Orgânica, onde a Evolução se processa na estrutura física dos seres vivos e a Dimensão Cultural que se dá no intelecto dos mesmos. Neste último caso, os alunos referiram-se estritamente a espécie humana.

Entretanto, lembramos que o entendimento de que a Evolução se processa em um nível, não elimina a possibilidade dos estudantes conceberem a ocorrência também no outro nível, vez que, a Evolução é um continuum, não havendo limites bem definidos entre essas duas dimensões.

Desta forma, é comum o aluno considerar Evolução tanto um processo orgânico como cultural. Porém, para efeito de análise tais dimensões são discutidas separadamente.

neste caso, a construção desta concepção, uma vez que, na linguagem cotidiana, contrariamente à científica, a categoria animal não inclui o ser humano (Santos, 1991).

Talvez, essa não atribuição de animalidade ao homem se deva a uma falta no entendimento do sistema de categorização biológica que, em geral, é trabalhado no ensino básico. Desta forma, para que pudesse haver uma mudança na concepção dos alunos, seria necessário que houvesse uma ruptura de sentido da palavra, do conhecimento comum para o científico, o que implica a adoção de uma abordagem adequada para os diferentes níveis de classificação dos seres vivos.

2ª ocorre no presente

Sobre este aspecto encontramos algumas evidências de que os alunos concebem que a Evolução biológica continua se processando no organismo humano. Este foi o caso de Gil, ao propor as seguintes questões:

Bom, com a mudança de ambiente eu acho que os seres se modificam, né? Todos mudam as suas características. Talvez .. dizem que o homem no futuro vai ser careca, né? Que ele não vai ter espécie nenhuma de cabelo, talvez pela mudança de clima. (grifos nossos)

Para alguns alunos, o entendimento da continuidade do processo evolutivo do homem apareceu relacionado à concepção de Evolução como maturação. Este foi o caso, de Alex, como evidencia o trecho da entrevista a seguir.

ENT. - (...) Tu disseste que Evolução é uma transformação, é uma transformação física, né? Que tipo de mudança física deve ocorrer para ser considerado Evolução?

ALEX - Eu acho que (...) nove meses a mãe tá gerando aquela criança e passando por várias formações...

Neste sentido, a idéia apresentada é de que o homem continua "evoluindo", pois a todo momento estão nascendo novos indivíduos que crescerão, desenvolver-se-ão, etc...

3ª nunca ocorreu

Neste caso, encontramos uma aluna declaradamente adepta de uma religião protestante que afirmou que "o homem só evolui socialmente". Entretanto, a despeito da crença ou não no processo evolutivo, percebemos que essa parece não exercer nenhuma influência nas suas concepções de Evolução. Apesar de Ida afirmar não crer na Evolução, quando foi solicitada a raciocinar em termos hipotéticos sobre aspectos evolutivos, manifestou concepções semelhantes a de seus colegas.

Assim, concluímos a partir da discussão das concepções de transformação orgânica manifestadas pelos alunos, que estas, quando admitidas, restringem-se a alterações individuais e superficiais.

No que diz respeito à Evolução orgânica do homem, em momento algum os alunos deixaram entrever a idéia de que a espécie humana poderá se extinguir, ou que esta possa ramificar-se dando início a um processo de emergência de novas formas com características diferentes da que lhe antecedeu.

Apesar do professor não ter trabalhado explicitamente a perspectiva de uma continuidade ou não da Evolução orgânica dos seres, sempre que se referia ao processo evolutivo, tanto do homem quanto dos demais organismos, reportava-se somente a situações do passado como, por exemplo:

Na questão do homem, ele teria evoluído de um determinado ramo de macaco. (grifo nosso)

ou ainda:

o macaco veio de outro animal. (grifo nosso)

Esta postura assumida, talvez inconscientemente, pelo professor em sala de aula foi também manifestada durante sua entrevista, quando ao definir Evolução expressou:

A Evolução foi uma necessidade de adaptação dos organismos às condições de vida que se apresentava (sic) em determinado momento." (grifos nossos)

A continuidade da Evolução orgânica dos seres vivos é sugerida pelo professor como potencialidade, mas não como fato. Frases do tipo "Os seres vivos têm a capacidade de se adaptar ao meio em que vivem", caracterizam este tipo de abordagem.

Já em relação à continuidade da Evolução biológica do homem, durante as aulas o professor não fez nenhuma menção explícita à esta questão. Entretanto, na entrevista, demonstrou claramente sua incredulidade com relação àquela, quando disse:

Acredito que o homem não evolua mais. Ele chegou num estágio assim ... de Evolução física, a questão não é corpo.

A concepção de que a espécie humana já atingiu, ou está no ápice da Evolução orgânica foi, também, expressa reiteradas vezes pelos alunos. Isso fica evidente no trecho da entrevista de Gil transcrito abaixo.

ENT. - Então, nos outros seres tu concebes que possa haver transformação em função das modificações do ambiente?

GIL - Exatamente.

ENT. - Eles podem se modificar organicamente? Mas o homem também não sofre essa ação do meio ambiente?

GIL - Sofre, mas o organismo dele não sei se pode se modificar. Os outros seres são mais inferiores, né?

Por vezes os alunos expressavam de forma indireta tal concepção, quando limitavam os exemplos de Evolução humana apenas a transformações culturais. Como ilustra a resposta de Marcinha, dada ao questionário:

Eu acho que o ser humano ainda está evoluindo porque ele procura inventar novas coisas, procura saber.

Este tipo de enfoque dado pelos alunos ao processo de Evolução evidencia uma outra dimensão que passamos a discutir a seguir.

2. Dimensão Cultural

A questão da continuidade da Evolução biológica do homem é bastante controvertida dentro da própria ciência, sobre esta questão Dobzhansky (1972, p. 20) propõe que:

A evolução humana não pode ser entendida como um processo puramente biológico, nem pode ser convenientemente descrita como uma história da cultura. Ela é a interação entre biologia e cultura. Existe uma "realimentação" entre processos culturais e biológicos.

A idéia de que a Evolução cultural de alguma forma atenua as pressões evolutivas sobre o organismo humano não é infundada, pois "ao produzir a base genética da cultura, a Evolução biológica superou-se a si mesma" (Dobzhansky, 1972, p. 23).

Quando o estudante Alex diz que é importante sabermos no que os microorganismos vão se transformar "para nos prevenirmos" dos males que estes possam nos causar, ele está sendo coerente. Isto porque, de certo modo, o homem induz transformações nas demais espécies a fim de beneficiar-se e, desta forma, acaba por reduzir as pressões evolutivas sobre ele

próprio.

Na agricultura, o homem, através da Ciência, seleciona espécies vegetais que produzam frutos, sementes, etc... em maior quantidade e melhor qualidade "solucionando" deste modo, o problema da escassez de alimentos. O que dizer, então, das medidas profiláticas que o homem adota como forma de evitar doenças? Ora, fome e doenças são pressões seletivas que atuam sobre os organismos. Se o homem através de sua cultura consegue atenuá-las, ele está alterando o curso evolutivo da sua e das demais espécies.

Outro fator, já apontado por Darwin, que reforça a influência do homem sobre o processo evolutivo, é que ele é o único ser que por questões morais e, portanto, culturais, deixa sobreviver entre sua prole os "menos aptos". Segundo Darwin:

Nos selvagens, os fracos de corpo ou mente são logo eliminados; os que sobrevivem geralmente exibem um vigoroso estado de saúde. Nós, homens civilizados, por outro lado, fazemos de tudo para impossibilitar o processo de eliminação, construímos asilos para os imbecis, inválidos e doentes, instituímos leis para os pobres, e nossos médicos dão tudo de si para salvar a vida de qualquer um até o último momento. É difícil acreditar que a vacinação tenha salvado milhares que, por terem constituição fraca, teriam morrido de variola. Assim, proliferam os membros fracos das sociedades civilizadas. Ninguém que tenha se dedicado à criação de animais domésticos duvidará que isso é absolutamente prejudicial para a raça humana. É surpreendente ver como os cuidados excessivos, ou incorretamente aplicados conduzem rapidamente à degeneração de uma raça doméstica, e ninguém, exceto o homem é tão ignorante ao ponto de permitir que seus piores animais procriem... (in: Bizzo, 1991, p.74)

Neste sentido, podemos perceber que de alguma forma, a idéia manifestada pelos alunos de que o homem pode atuar sobre o processo evolutivo tem fundamento. Pois, não assumimos, como Nesturkh, (in: Dobzhansky, 1972), a idéia de que a Evolução biológica humana foi inteiramente substituída pela cultural. Porém, é inegável que estas duas dimensões interagem alterando o curso do processo.

Apesar do professor durante as aulas, não ter levantado a idéia de que o homem já chegou ao final da Evolução orgânica, como fez na entrevista, e até ter dito que "a espécie humana é um produto semi elaborado, mal acabado" quando mencionava um exemplo sobre uma tribo indígena, fez a seguinte consideração: "entre os animais racionais a luta pela sobrevivência (apontada por ele como principal mecanismo evolutivo) é um fenômeno mais social do que biológico".

Este tipo de abordagem, juntamente com seu depoimento na entrevista, tornam explícito que na concepção do professor o homem, biologicamente, já alcançou o ápice da "escala evolutiva".

Deste modo, analisando aspectos da fala e da prática do professor, podemos concluir que mesmo quando este não manifesta explicitamente suas idéias durante as aulas, ele as deixa transparecer pela forma com que aborda o conteúdo. Isso reforça nossa convicção de que é fundamental que o professor tenha consciência das suas concepções sobre o conhecimento que ensina, a fim de que, também, de forma consciente encaminhe o seu processo de ensino.

iii) Fatores Evolutivos

Segundo as concepções dos alunos, detectamos basicamente dois fatores responsáveis pelas transformações sofridas pelos seres vivos. Os fatores dizem respeito a pressões externas exercidas pelo meio sobre os seres (Fator Extrínseco), ou motivações internas que impulsionam a Evolução dos seres vivos (Fator Intrínseco).

1. Fator Extrínseco

A maioria dos estudantes (54%) concebeu que a Evolução só se processa se houver pressões ambientais sobre os organismos. Assim, concebem a Evolução como um processo unilateral, onde um fator - meio - atua sobre outro - ser vivo -desestabilizando este último, ao invés de imaginarem, uma interação entre os dois componentes do processo - meio-ser, ser-meio.

Esta forma de pensar, que Santos (1991, p. 106), interpreta como "tendência" para fazer intervir um agente sobre um paciente com papéis bastante assimétricos nas relações causais que estabelecem, foi muito frequente nas respostas dos alunos. O trecho da entrevista de Alex ilustra relativamente bem esta tendência.

ENT. - Se ele (ser vivo) viver num meio que não se modifique, que esse meio não se altere, a Evolução ocorre?

ALEX - Eu acho que ... não, acho que não.

Desta forma, podemos perceber que na visão dos alunos as transformações que se processam no organismo dos seres não são contínuas, uma vez que, só deverão ocorrer se o ambiente provocá-las. Assim, a aparente estaticidade do processo evolutivo é simplesmente explicada pelo estudante como ausência de pressão do meio. Sobre isso, Jacob (1983, p. 15) diz:

A estabilidade que o homem vê na natureza não passa de aparência e deve-se ao fato dele (homem) remeter todos os acontecimentos a duração de sua própria existência.

Na realidade, a estabilidade evolutiva é um processo dinâmico, onde a não emergência de novas "formas", significa que a seleção está atuando na manutenção das "formas" primitivas.

Apenas o aluno Éber não concebeu a existência de um processo estático, ou que a Evolução estivesse na estrita dependência de alterações ambientais. Isso fica bastante nítido no trecho de seu depoimento:

ENT. - (...) vamos colocar uma situação bem hipotética mesmo. Se a gente conseguisse isolar um grupo de seres, num ambiente que não sofresse modificações, transformações ... esses seres se modificariam?

ÉBER - Eles modificariam o ambiente para se modificar.

ENT. - É? Tu achas que eles interferem no ambiente e o ambiente interfere...

ÉBER - Neles. Uma mandala, um interfere re no outro para que os dois se modifiquem.

Ainda no sentido de uma ação direta do meio sobre os seres, os alunos estabeleceram uma relação analógica entre os processos evolutivo e imunológico. Expressões como "ficaram imunes", "produziram anticorpos", "adquiriram defesas", foram bastante frequentes nas explicações dos alunos sobre mecanismos evolutivos.

Os exemplos destacados a seguir veiculam a relação analógica mencionada.

Por que o uso constante de antibióticos fará com que o organismo dessa pessoa se torne imune ao remédio o que fica provado que houve (sic) uma Evolução do organismo. (grifo nosso)

Eu acho que os descendentes (moscas) não estão sendo afetadas (pelo inseticida) pelo seguinte fato, quando passou a usar frequentemente o veneno as moscas (sic) geradoras começaram a produzir anticorpos que foram transmitidos as moscas geradas daí (sic) o fato das geradas não serem atingidas. (grifo nosso)

Estes exemplos foram apresentados ao professor durante sua entrevista, para os quais emitiu seguinte comentário:

Está correto quando eles dizem que no início era eficaz, mas eles não têm idéia de como que ocorreu essa adaptação dos descendentes à substância, como ocorreu a mutação, como se selecionou uma classe desses seres vivos que conseguiram sobreviver.

Embora o professor não tenha percebido as analogias equivocadas nas respostas dos alunos ele detectou algumas falhas conceituais, uma vez que aponta para a questão do aluno ignorar o processo de seleção das variedades melhor adaptadas, concebendo o processo como resposta específica. Entretanto, durante o período de instrução, o professor não trabalhou esta questão de modo que os alunos pudessem conflitar suas concepções simplistas com a cientificamente aceita.

Ao contrário, o professor oscilou entre duas concepções de atuação do ambiente sobre os seres, como evidenciado nos exemplos a seguir:

1ª o meio seleciona

o ambiente escolhia, fazia uma seleção daquelas espécie mais adaptativas (sic) às mudanças. (grifo nosso)

2ª o meio exerce ação direta

... sobre Darwin e Lamarck em relação às modificações que surgem nos indivíduos ocasionadas por mudanças ou variações ambientais, isso tá correto, isso não há o que discutir. (grifo nosso)

Note-se que nenhuma das duas perspectivas evidencia uma interação meio-ser. Apesar da primeira referir-se a uma seleção, ou seja, o meio de alguma forma "considera" as características já existentes no ser, ainda assim ocorre a ação de um sobre o outro, Há portanto, um agente passivo (o ser) e um ativo (meio) no processo. Talvez, o significado usualmente associado à palavra seleção torne difícil o entendimento da natureza processual da Evolução, pois selecionar pressupõe ação deliberada, valoração, escolha.

Na realidade seleção natural é uma reprodução diferencial de elementos dentro de uma população que, naquele momento, apresentam características mais favoráveis que outros à sua sobrevivência. Assim, se este grupo mantiver esse potencial reprodutivo constante e

passar a predominar dentro da população, então, ocorreu a seleção e, conseqüentemente a Evolução daquele grupo.

Na segunda perspectiva, - **o meio exerce ação direta** - que é também a dos alunos, o meio passa a ser causa das transformações. Isto é, ele não seleciona características favoráveis, mas as forja, tornando-se, portanto, o elemento determinante do processo. Com a proposição da seleção natural como o principal mecanismo evolutivo, esta concepção geoffroyista² de Evolução há muito foi superada, porém seu "poder explicativo imediato" está extremamente arraigado em nossa bagagem cognitiva a tal ponto que até mesmo o professor, que conhece, ou deveria conhecer as "novas" teorias de Evolução, sente dificuldade em abandoná-la.

Há pouco tempo atrás, o Jornal "Folha de São Paulo" tratou a questão da resistência do vibrião colérico a antibióticos da seguinte forma:

O Vibrião da cólera, doença que se alastra pelo Brasil e ataca a América do Sul e Central, já criou resistência a, pelo menos cinco antibióticos. (Folha de São Paulo, 13.12.92, p.4-8) (grifo nosso)

A sentença, se analisada em seu sentido literal, dá a entender ao leitor que o vibrião colérico desenvolveu uma capacidade peculiar de insensibilidade aos antibióticos quando o que houve, foi uma seleção de variedades de bactéria previamente resistentes àqueles.

O paralelismo que vemos entre as idéias ultrapassadas dentro da história da Ciência, neste caso o geoffroyismo, e as presentes nos alunos, no professor e nos meios de divulgação não científicos, são entendidos por Pérez e Carrascosa (1985) como oriundos de uma mesma forma de abordagem dos fenômenos do mundo, isto é, todas estas idéias baseiam-se numa "metodologia da superficialidade", por estarem radicadas em evidências do senso-comum.

Por isso, tais autores sugerem que no ensino, além da ocorrência de mudança conceitual, torna-se necessária a promoção de uma mudança metodológica, onde processos de

² Esta hipótese é assim denominada por ter sido defendida pelo naturalista Etienne Geoffroy Saint-Hilaire.

elaboração do conhecimento possam superar visões simplistas dos fenômenos naturais em que apenas aspectos óbvios da percepção são usualmente considerados.

Ao que parece, a visão simplista de que o meio atua de forma instrutiva sobre os organismos, gerando nestes respostas específicas, não foi superada pelos alunos. Pois, como o professor alternou, confusamente, explicações onde o meio ora aparecia como determinante das transformações, ora como selecionador destas, percebemos que os alunos, numa tendência usual de ajustar o que aprendem ao que já sabem, acabaram por sedimentar a idéia de uma ação direta do meio sobre os seres.

Isso pode ser evidenciado em respostas como a de Chris à pergunta "Segundo você que tipo de influência o ambiente exerce sobre os seres vivos?", feita durante a aula, após a explicação do professor:

Os tipos de ambiente forçam, ao meu ver, a adaptação dos seres vivos, pois, se eu saio de clima quente e vou para um clima frio, eu teria que me adaptar. (grifo nosso)

Desta forma enfatizamos, novamente, que ao deixar de considerar as idéias prévias dos estudantes para organizar o seu ensino, o professor desconheceu a necessidade de provocar a desestabilização das mesmas, bem como, de tentar promover mudança conceitual em seus alunos. Isto porque como aponta Pérez (1988) "O professor que não tem na sua cabeça a cabeça do aluno, fala para as paredes".

Somado a esta problemática, da não valorização das pré-concepções dos estudantes, percebemos, também, que em muitos momentos aquelas coincidiam com as idéias do professor tornando ainda mais difícil, se não impossível, a promoção de mudança conceitual. Neste sentido, parafraseando Pérez (1988), diríamos que o pesquisador que não considera que o professor tem, também, pré-concepções errôneas e faz sugestões de ensino baseadas apenas nas idéias dos alunos, fala somente para a academia.

2. Fator Intrínseco

Cerca de 17% dos alunos manifestaram a concepção de que Evolução se processa em decorrência de motivações intrínsecas aos seres.

Neste sentido, o processo evolutivo aparecia dotado de uma certa intencionalidade inerente aos seres. Tal concepção fica evidente no exemplo a seguir.

(...) é como a Evolução (...) o ser sente necessidade de sofrer modificações.

Durante muito tempo, essa concepção foi o cerne do transformismo lamarckista. O que o caracterizava era um impulso proveniente dos próprios seres conduzindo-os pouco a pouco do simples ao complexo (Freire-Maia, 1992).

Esta visão esteve presente também na "fala" de Cacá quando diz que o "organismo" das moscas consegue desenvolver meios imunizantes ao inseticida. A questão está no verbo conseguir, que por sua vez pressupõe tentativa, intenção, vontade própria. Novamente, o antropomorfismo faz-se presente, pois os alunos passam a atribuir características humanas aos demais organismos o que fica bastante evidente quando Eber diz: "só os seres com maior força de vontade sobreviverão".

A idéia de que, a ocorrência de Evolução depende de fatores intrínsecos aos seres, encontrou ressonância na fala e na prática do professor. Este por diversas vezes, utilizou-se de termos como: "conseguir", "tentar" ao explicitar os mecanismos evolutivos durante a entrevista e, no decorrer das aulas, ao abordar o processo de seleção natural fez uso da clássica e ambígua frase "luta pela sobrevivência". Tal expressão está revestida de uma espécie de intencionalidade, mais reforçada, ainda, pelo modo como o professor tratou a questão:

Todos vão lutar, mas nem todos irão sobreviver.

Sabe-se porém, que esta tão falada "luta pela sobrevivência" não é nada mais que um concurso pela descendência onde o único critério é o da fecundidade onde o "vencedor" é aquele que deixa maior prole e não o que derrota o inimigo (Jacob, 1993, p. 13). Assim, "lutar" não significa propriamente disputar ou conquistar algo.

Resumindo, contrariamente ao que pensam os alunos, a Evolução não está na dependência de uma necessidade inerente ao ser, nem tampouco é provocada por fatores externos. Como já mencionamos, ela é um produto da interação entre fatores extrínsecos (meio) e intrínsecos (ser).

No entanto, esta relação interativa não foi compreendida pelos alunos. Isto porque, além do professor não abordar o processo evolutivo nesta perspectiva, a adoção de uma linguagem metafórica bem como o antropomorfismo que permeia as elaborações conceituais dos estudantes não favoreceram a mudança de suas concepções.

Para isso, seria essencial que o professor tivesse levado em conta tanto as características do pensamento de seus alunos quanto a polissemia e ambiguidade das palavras que expressam idéias de Evolução e neste particular, que se engajasse na tarefa de estabelecer limites para os significados de tais palavras no contexto biológico.

Todavia, em sintonia com o modelo psicopedagógico no qual norteia sua prática, o professor acabou por manter e reforçar as pré-concepções equivocadas de seus alunos.

iv) Funções do Processo Evolutivo

Evoluir é uma propriedade intrínseca da matéria assim como a elasticidade, a compressibilidade ou a impenetrabilidade (Freire-Maia, 1988). Embora tais propriedades não apresentem o caráter de funcionalidade, possibilitam ao ente que as possui desempenhar certas atividades.

Neste sentido, adaptação e sobrevivência são atributos dos seres vivos que se tornam possíveis graças a sua propriedade evolutiva. Porém, numa inversão de raciocínio, onde a consequência passa a ser causa, 50% dos alunos conceberam que **adaptação e sobrevivência** são funções da Evolução.

1. Função Adaptativa

A compreensão errônea de que Evolução ocorre para adaptar o organismo ao ambiente em que vive, foi, nesta categoria, a mais frequente (29%) entre os alunos. Tal idéia fica bastante evidente nos exemplos que se seguem.

É o processo de transformação (evolução) que os seres vivos sofrem para se adaptar ao ambiente. (grifo nosso)

(...) os seres vivos sofrem modificações constantemente para cada vez mais adquirirem características de acordo com o meio ambiente. (grifo nosso)

Além do entendimento da adaptação como meta do processo evolutivo, percebemos também, que os alunos se referiam à adaptação no sentido de costume, tolerância, como por exemplo, manifestou Leo em sua entrevista.

Elas (as moscas) aprendem a conviver com isso (inseticida) assim como nós em relação a poluição.

Nesta perspectiva, a adaptação significa "alterar características físicas ou comportamentais às novas demandas do ambiente" como se este exercesse uma ação instrutiva sobre os organismos (Bizzo, 1991, p. 181).

Este significado atribuído pelos alunos à adaptação, contraria, grandemente, o sentido evolutivo desta palavra. Isto porque, adaptar-se, evolutivamente falando, significa "exibir

características que possibilitem à espécie condições mais favoráveis de existência", e não desenvolver tais características para atender necessidades surgidas durante a existência (Bizzo, *ibidem*).

Novamente, nos deparamos com a questão da linguagem, pois a mesma palavra (adaptação) assume significados diferentes em diferentes contextos.

Assim, a atribuição pelos alunos do significado usual (não evolutivo) à palavra adaptação revela uma concepção causal do processo evolutivo, já que nesta perspectiva, tal processo é desencadeado *para* atender a necessidade que os organismos têm de adaptar-se aos seus ambientes.

Este significado cotidiano que os estudantes atribuem à adaptação foi percebido pelo professor quando, durante a entrevista, lhe apresentamos respostas de seus alunos como a indicada a seguir:

Com a Evolução o ser vai se adaptando às mudanças e transformações.

Frente a tal resposta, o professor comentou:

Ele (o ser) não evoluiu para se adaptar. Ele primeiro se adapta ou tenta se adaptar ao ambiente e aí você considera uma Evolução. (grifo nosso)

Neste seu comentário, o professor deixa explícito que detectou o significado de ajuste causal atribuído pelo seu aluno à Evolução dos seres vivos. Entretanto, em nenhum momento de suas aulas definiu, ou sequer mencionou o significado evolutivo da palavra adaptação.

Neste aspecto, o professor tratou adaptação como se sua conotação evolutiva fosse de pleno domínio dos alunos.

Nem mesmo quando os alunos Éber e Chris, iniciaram um debate sobre a adaptação dos organismos, o professor trabalhou o significado evolutivo desta palavra. O debate³

³ O debate teve início com a resposta da questão 1 Anexo V.

ocorrido durante a correção do exercício final, girava em torno de uma questão central: o indivíduo adapta-se durante sua existência ou já nasce adaptado?. O trecho da discussão transcrito, a seguir, evidência tal polêmica.

ÉBER - Cada novo ser já nasce adaptado ao ambiente, até que nasça uma geração completamente adaptada, aí, sobrevive (sic) naquele ambiente para o resto da vida.

CHRIS - O ser não nasce adaptado, conforme o ambiente, eles vão se adaptar, por exemplo o cão Husk Siberiano nasceu no frio, mas se ele vier aqui pra Belém eles vão (sic) se adaptando com o tempo, ele não vem logo adaptado ao ambiente, e sim, com o tempo se adaptam.

Neste debate, Éber estava com a razão. Na realidade, se tomássemos o exemplo de Chris, diríamos que é a homeotermia, que consiste na adaptação evolutiva pois possibilita aos mamíferos (no caso o cão) adaptar-se a mudanças bruscas de temperatura. Desta forma, o ser já nasce com esta potencialidade, ela não se desenvolve, mas apenas manifesta-se ao longo de sua existência.

Nesta perspectiva, poder-se-ia trabalhar a concepção de causalidade tão frequente nas respostas dos alunos, pois, a nosso ver, a situação de debate apresentava-se como uma importante oportunidade para o professor tentar promover mudança conceitual nos alunos, uma vez que, o conflito cognitivo já havia sido instalado por eles próprios. Porém, o professor deixou o debate fluir livremente sem que ao final deste fosse elucidada a questão.

2. Função de Sobrevivência

A mesma argumentação associada à função adaptativa do processo evolutivo, se aplica à função de sobrevivência, pois a concepção de funcionalidade daquele processo, está

permeada pela idéia de planejamento prévio, de causalidade.

Neste sentido, o raciocínio causal ficou bastante evidente no caso de Ana, já que quando lhe solicitamos que pensasse em termos de casualidade das transformações biológicas, a aluna manifestou-se do seguinte modo:

ENT. - Se eu te dissesse que as transformações não ocorrem para uma determinada finalidade, como, por exemplo, manter a vida de uma espécie (...) tu acreditarias nisso? Que as mudanças não ocorrem como uma finalidade, elas são ao acaso.

ANA - Bom, eu não consideraria, né? E me perguntaria porque ocorreu, então? Porque ocorre no organismo e não é com uma finalidade definida?

Desse modo, a meta, a finalidade do processo evolutivo é manter, permitir a sobrevivência do ser vivo. Assim o fenômeno não pode ser atribuído a casualidade circunstanciais no entender de Ana.

Esse raciocínio mecanicista, é característico do século XVII, onde os fenômenos naturais e os seres eram analisados similarmente aos construtos humanos. Desta forma, as invenções humanas obedeciam critérios de causalidade bem definidos. Cada máquina, cada engrenagem era pensada e construída para uma determinada função. É neste momento, por exemplo, que surgem as analogias do coração como bomba hidráulica, dos pulmões como foles etc... Nesta perspectiva, o lema é "Toda natureza é máquina, como a máquina é natureza" (Jacob, 1983, p. 39).

Esta concepção "humanizada" da natureza, onde o entendimento do mundo natural está na ordem direta do entendimento da cultura humana é, sem dúvida, um dos grandes obstáculos à apropriação do conhecimento científico. No entanto, durante todo o processo de ensino-aprendizagem, sob análise, tal concepção não foi questionada pelo professor, muito pelo contrário, foi de certo modo reforçada pela maneira com que ele abordou o conteúdo de Evolução, i. é, utilizando com frequência exemplos centrados na espécie humana.

Assim, de modo geral, as concepções de Evolução manifestadas pelos alunos após o período de ensino são bastante semelhantes àquelas manifestadas previamente. Em outras palavras os alunos permaneceram com a idéia equivocada de que Evolução é um processo funcional, individual, progressivo, desencadeado por fatores de ordem intrínseca ou extrínseca, no qual o homem é o elemento central, podendo ser tanto o ponto de partida (Evolução cultural) como o de chegada (Evolução orgânica).

Tal concepção, nitidamente antagônica à atualmente aceita pela comunidade científica, pode ser explicada, a nosso ver por três fatores básicos:

- a polissemia das palavras envolvidas na descrição do processo evolutivo;
- a natureza antropocêntrica do pensamento dos estudantes;
- a visão simplista dos processos e fenômenos naturais.

Estes fatores, que constituem barreira à aproximação entre as idéias dos alunos e as da Ciência deveriam ter sido enfrentados pelo professor.

Todavia, o modelo psicopedagógico no qual assenta-se a prática daquele docente e a falta de domínio do conteúdo, não permitiram que o processo de ensino-aprendizagem, fosse encaminhado no sentido de superar aqueles fatores.

A prática pedagógica do professor, estando centrada no modelo transmissão-recepção, o fez ignorar as pré-concepções dos alunos, já que estes são por ele considerados como destituídos de qualquer idéia acerca de conteúdos científicos, ou que tais idéias, se presentes, não são relevantes para o processo de recepção do conhecimento. Seguindo tal postura, resta-lhe depositar novas informações nas "cabeças vazias" dos alunos e a estes a atitude de ouvir.

Desta forma, a polissemia das palavras envolvidas na explicitação do processo evolutivo, ficou camuflada no "silêncio" dos alunos que acabaram por ajustar os "novos" conceitos ensinados às suas "velhas" idéias.

Porém, como já mencionamos no caso do processo de ensino-aprendizagem, por nós observado, o fato do professor não dominar adequadamente o conteúdo constitui mais um sério agravante pois, como ele poderia detectar distorções nas concepções dos seus alunos? E mais

ainda, como poderia criar situações que gerassem conflito cognitivo nos estudantes se, muitas vezes, as suas próprias idéias são semelhantes às dos seus alunos?

Neste sentido, só podemos "conduzir uma idéia" de um ponto a outro se soubermos de onde partir e aonde devemos chegar. Em outras palavras, a mudança conceitual só seria possível se o professor conhecesse as concepções prévias de seus alunos e as concepções científicas que desejava ensinar, para então poder elaborar estratégias que conduzissem as primeiras às segundas. O que acabou não se concretizando.

VISLUMBRANDO HORIZONTES, MANTENDO A UTOPIA, PROSSEGUINDO A CAMINHADA ...

Uma longa e significativa caminhada foi por nós percorrida, desde as questões iniciais que nos levaram à opção de investigar um processo de ensino-aprendizagem de Evolução até a observação e análise do mesmo.

Se partimos de questões muito amplas e genéricas: quais são as concepções de Evolução de alunos e professor de Biologia do ensino médio? Como é tratado este conteúdo em sala de aula? E nos limitamos a investigar um processo de ensino-aprendizagem, tal redução nos permitiu detectar e compreender, de forma aprofundada, os problemas e os desafios impostos para que o ensino de Evolução possa a ser significativo para alunos e professores.

Do processo de ensino-aprendizagem que investigamos, pudemos concluir que as concepções prévias dos alunos sobre Evolução mostraram-se bastante distanciadas da concepção atualmente aceita pela Ciência, na medida em que aquelas são marcadas pela atribuição de causalidade, finalidade e direção ao processo evolutivo.

Percebemos, também, que tais concepções são decorrentes de uma visão simplista e antropomórfica dos processos e fenômenos naturais. Simplista porque, geralmente, os alunos se atêm em aspectos óbvios da percepção sensorial ao interpretarem tais processos e fenômenos. Antropomórfica, pois constróem uma concepção humanizada da natureza, cujo parâmetro analítico são os contrutos humanos.

Aliado a isso, notamos, ainda, que as palavras associadas à descrição do processo evolutivo como adaptação, seleção e a própria Evolução, são freqüentemente utilizadas no cotidiano com conotações diversas daquelas adotadas pela Ciência. Esta questão sócio-linguística, que favorece o simplismo e o antropomorfismo conceitual dos estudantes, constituíram mais um obstáculo à aproximação entre suas idéias e as da Ciência, uma vez que tendem a ajustar a concepção científica de Evolução à conotação cotidiana que a ela atribuem.

Tais constatações apontam a necessidade de que o processo de ensino de Evolução seja norteado visando a promoção de ocorrência de mudança conceitual nos alunos. Um ensino nessa perspectiva deveria partir das idéias dos estudantes a fim de superar as dificuldades detectadas.

Todavia, o processo de ensino-aprendizagem analisado não foi estruturado naquela perspectiva. Contrariamente, a prática pedagógica do professor mostrou ser centrada no modelo transmissão-recepção, implicando a desconsideração das concepções prévias dos alunos acerca do processo de Evolução dos seres vivos.

Além disso, constatamos que o professor não dominava suficientemente o conteúdo ensinado, tratando-o, por esta razão, de forma superficial, fragmentada e por vezes distorcida, demonstrando, em inúmeras situações, ter concepções errôneas sobre Evolução, semelhantes às de seus alunos.

Neste sentido, não nos surpreendeu, embora tenhamos lastimado, a constatação da manutenção das concepções prévias dos alunos ao final do processo de ensino.

Estes resultados revelam falhas na formação acadêmica do professor. Falhas essas levantadas por ele próprio quando declarou não ter estudado rigorosamente NADA sobre Evolução em seu curso universitário, e que este mesmo curso não o preparou para "vivenciar situações reais de sala de aula".

Estão aí apontados os dois eixos que alicerçam a prática docente: o conhecimento científico e o conhecimento pedagógico que, por serem deficientes no caso do "nosso professor", se constituíram como pontos nevrálgicos do processo de ensino-aprendizagem por nós analisado.

Sendo tão essenciais, merecem portanto maiores considerações.

Dominar os conteúdos específicos, parece até certo ponto "lugar comum" quando se fala sobre as competências que o professor deve ter. Parece até mesmo desnecessário discutir esta obviedade se considerarmos que, a maioria dos cursos de licenciatura de nossas Universidades procura privilegiar o ensino de tal conhecimento.

Todavia, este privilégio parece que não vem se traduzindo em competência teórica pois, algumas vezes, o conhecimento específico é tratado de forma superficial, ou nem mesmo é abordado (como é o caso do conteúdo de Evolução).

Sendo assim, a questão da necessidade do domínio do conteúdo já não parece mais tão óbvia.

A nosso ver, o conhecimento científico, não se resume ao domínio de fatos e informações cronologicamente descritas, nem tampouco a conceitos dogmáticos, fossilizados. Trata-se de conhecer as motivações e os problemas que impulsionaram a construção daquele conhecimento, assim como o contexto em que foram construídos (Gil Pérez e Carvalho, 1992). Trata-se, enfim, de refletir, deduzir, questionar o conhecimento a partir de uma visão historicamente situada de seu contexto de produção.

Sob este enfoque, o conhecimento não se configura como uma construção arbitrária, "descoberta" ou "achado" de pessoas geniais e exóticas, mas como produção humana, ideologizada, consciente e deliberada.

Enfim, defendemos não o domínio de conhecimento "estático", mas sim histórico, pois é este que no caso analisado, possibilitaria ao professor a apresentação do conteúdo de Evolução de forma mais dinâmica e contextualizada. Contrariamente, o evolucionismo foi abordado de forma factual e estanque. E, por não dominar nem mesmo o "conhecimento estático", o professor apresentou fatos incompatíveis com os registros históricos.

Além de proporcionar uma visão dinâmica e mais fidedigna da construção das idéias científicas, o conhecimento histórico auxiliaria o professor a identificar em seus alunos, concepções semelhantes às dos cientistas de outrora que constituíram verdadeiros obstáculos epistemológicos para o desenvolvimento científico, e paralelamente constituindo-se em obstáculo à mudança conceitual dos alunos.

Este foi o caso, por exemplo, da concepção de Evolução como progresso, encontrada também nos alunos, que na Ciência perdurou por cerca de um século, dificultando o entendimento da Evolução como um processo aberto, imprevisível onde não há "formas"

privilegiadas.

Se por um lado, o domínio histórico do conhecimento científico auxiliaria "nosso professor" a detectar as concepções equivocadas de seus alunos, por outro, só este não nos parece suficiente para subsidiá-lo no tratamento das mesmas. Seria necessário, ainda, um outro "domínio" para sair dos limites da constatação rumo à ação. Referimo-nos aqui, ao domínio do conhecimento pedagógico, o segundo eixo que alicerça a prática docente.

Assim como o conhecimento científico, o conhecimento pedagógico é imprescindível na construção da tarefa docente.

Entretanto, vale ressaltar que o domínio pedagógico não se restringe ao conhecimento de técnicas e estratégias de ensino. Embora tais elementos sejam importantes para o trabalho docente, não constituem uma postura pedagógica, refletem uma. Em outras palavras, a adoção desta ou daquela estratégia de ensino reflete a concepção, consciente ou não, do que representa para o professor ensinar e aprender conteúdos científicos.

Em nossa perspectiva, ter conhecimento pedagógico significa refletir sobre a tarefa docente a partir de um modelo teórico que norteie o processo de ensino-aprendizagem, caracterizando-o, assim, como uma atividade planejada e, portanto, consciente e intencional.

No caso do "nosso professor", a julgar por seu depoimento, a formação acadêmica não lhe proporcionou estudos aprofundados de questões pedagógicas.

Isso significa que, não sendo adequadamente capacitado no aspecto pedagógico o professor, de acordo com os pressupostos construtivistas, acabou por levar para a sala de aula suas pré-concepções sobre ensino e aprendizagem, possivelmente adquiridas e reforçadas durante o seu processo de escolarização (Schnetzler, 1993b).

Assim, a "adoção", aparentemente não deliberada, do modelo transmissão-recepção levou o processo de ensino-aprendizagem, sob análise, ao desfecho já descrito.

O distanciamento que detectamos entre as concepções de Evolução dos alunos e as cientificamente aceitas demandava esforços mútuos de professor e alunos, em construir uma (inter)ação pedagógica cuja tônica fosse a mudança conceitual. Para que tal interação se

concretizasse seria necessário que professor e alunos concebessem ensino-aprendizagem como um processo de co-construção de conhecimentos.

A partir desta nova ótica, baseada na teoria construtivista de ensino-aprendizagem, é que o conhecimento pedagógico converter-se-ia em "instrumental" para o professor lidar com situações semelhantes às apontadas anteriormente, na qual as concepções de estudantes divergem das científicas.

Ciente das pré-concepções equivocadas de seus alunos, da natureza destes equívocos e munido de conhecimentos Científico e Pedagógico o professor poderia planejar e organizar seu ensino de forma a desencadear o processo de mudança conceitual nos alunos. Mais ainda, de posse dessas duas "ferramentas", o professor poderia auxiliar os estudantes a construir e reconstruir idéias a fim de superar suas visões simplistas sobre processos e fenômenos naturais.

Enfim, a nosso ver, é interagindo conhecimento Científico e Pedagógico que se constrói um processo ensino-aprendizagem consistente, coerente e significativo.

No caso investigado, os resultados obtidos apontam para a necessidade de se desencadear mudança conceitual tanto nos alunos que manifestaram concepções de Evolução antagônicas às da Ciência, como no professor. Neste último, a mudança deveria ocorrer em dois níveis: no seu conhecimento Científico e Pedagógico.

No primeiro, porque ao desconhecer o conteúdo trabalhado, e por algumas vezes compartilhar das idéias de seus alunos, não percebeu equívocos conceituais.

No conhecimento Pedagógico, já que sua concepção de que os alunos aprendem por "internalização" de conteúdos prontos não lhe permitiu organizar o processo de ensino no sentido de superar os vieses conceituais de seus alunos.

Toda essa discussão encaminha nossa atenção para um aspecto crucial do ensino de Ciências - a formação do professor.

Referimo-nos não só à formação acadêmica do professor que é, sem dúvida, de extrema relevância mas, também à formação continuada daquele profissional que já se encontra em sala de aula.

Uma formação que lhe possibilite (re)construir seus conhecimentos, questionar e refletir sobre sua prática docente, e que lhe proporcione, ainda, espaço de discussão com seus pares, de modo que a atividade pedagógica não seja uma construção isolada mas, integrada e coletiva.

Entretanto, para isso, é essencial a intenção e ação política das instituições de ensino em fomentar propostas de incentivo permanente à qualificação docente, para que esta não se constitua como atitude individual de alguns poucos que se aventuram solitários nesta empreitada.

A nós, professores e alunos cabe a atitude de busca, de reflexão constante, a fim de que possamos fazer dos momentos de sala de aula espaços de encontro, de permuta, de co-construção, onde o processo de ensino-aprendizagem não se constitua como atividade penosa, repetitiva. Ao contrário, seja prazerosa, estimulante e que nos possibilite desfrutar da alegria de sermos todos eternos aprendizes.

BIBLIOGRAFIA

- ALBALADEJO, C.; LUCAS, A.M. (1988) Pupil's meaning for "mutation". **Journal of Biological Education**, 15, pp. 151-157.
- AUSUBEL, D.P. (1976) **Psicologia Educativa: um ponto de vista cognitivo**. México. Editorial Trilhas.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa Edições 70. s.d.
- BISHOP, B.A. and C.W. ANDERSON (1990) Students conceptions of natural selection and it's rote in evolution. **Journal of Research in Science Teaching** 27(5):415-427.
- BLOOM, J.W. (1989) Preservice Elementary Teacher's conception of Science: Science, Theories and Evolution. **International Journal of Science Education**, 11 (4):401-415.
- BIZZO, N.M.V. (1989) **O que é darwinismo?** São Paulo, Brasiliense, 2ª ed.
- _____ (1991) Ensino de evolução e história do darwinismo. São Paulo: USP, Faculdade de Educação, Tese (Doutorado).
- BRUMBY, M. (1984) Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. **Science Education**, 68(4):493-503.
- _____ (1979) Problems in learning the concept of natural selection. **Journal of Biological Education**. 13,4.
- CHALMERS, A.F. (1993) **O que é ciência afinal?** São Paulo, Brasiliense, 1ª ed..
- CICILLINI, G.A. (1991) A Evolução Enquanto um Componente Metodológico para o Ensino de Biologia no 2º Grau: análise da concepção de evolução em livros didáticos. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação-UNICAMP, Campinas.
- CUNHA, A.B. (1986) Mendel e Darwin. **Ciência e Cultura**. São Paulo, 38(7):1120-26.

DARWIN, C. (1985) **Origem das espécies**, São Paulo:Itatiaia.

DEADMAN, J.A.; Kelly, P.I. (1978) What do secondary School boys Understand about evolution an heredity before they are taught the topics? **Journal of Biological Education**. 12(1): 7-15.

DOBZHANSKY, T. (1972) **O Homem em Evolução**. São Paulo, Polígano.

_____ (1973) Nothing in biology makes sense except in the lighth of evolution. **American Biological Teacher**. 35:125-129.

_____ (1973) **Genética do Processo Evolutivo**. São Paulo, Polígono/EDUSP.

DRIVER, R. (1981) Pupil's Alternative Framework in Science. **Studies in Science Education**. 10:37-60.

DRIVER, R. and ERICKSON, G. (1983) Theories into action some Theoretical and empirical issues in the study of student conceptual frameworks in science. **Studies in Science Education**, 13, 37-70.

DRIVER, R.Y. and OLDHAM, V. (1988) Um enfoque construtivista del desarrollo curricular em ciencias, in: **Constructivismo y enseñanza de las ciências** - Sevilha, Diada Editoras.

ECO, Umberto (1992) **Como se faz uma tese**. São Paulo, Perspectiva, 9ª ed..

ENGEL CLOUCH, E. Wood-ROBINSON C. (1985) How secondary students interpret instances of biological adaptation. **Journal of Biological Education**. 19(2):125-130.

FREIRE-MAIA, N. (1992) **A Ciência por Dentro**. Rio de Janeiro, Vozes.

_____ (1985) Criação e Evolução. **Ciência e Cultura**. São Paulo 37(12):2027-35.

_____ (1982) Do Darwinismo de Darwin ao Darwinismo Moderno. **Ciência e Cultura** 34(2):147-150.

_____ (1988) **Teoria da Evolução: de Darwin à Teoria Sintética**. Belo Horizonte. Itatiaia.

- FUTUYMA, D.J. (1992) **Biologia Evolutiva**. Ribeirão Preto, SP. Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 2ª ed..
- GIL PÉREZ, D. (1986) A Metodologia Científica e o Ensino de Ciências: Relações Controvertidas. Texto apresentado no IV Congresso Internacional de Pedagogia Havana. 22 p.
- _____ e CARVALHO, A.M.P. (1992) Tendencias y Experiencias Innovadoras en la Formacion del profesorado de Ciências. **Congresso sobre formación y capacitación docente en Matemática y Ciencias**. Caracas, 23-27/03/92, 76 p.
- GILBERT, J. and WATTS, M. (1983) Concepts, Misconceptions and Alternative conceptions Changing Perspectives in Science Education. **Studies in Science Education**, 10, pp. 61-98.
- GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1988) **Los orígenes de saber**, Sevilla, Diada editoras.
- GOULD, S.J. (1987) **Darwin e os Grandes Enigmas da Vida**. São Paulo. Martins Fontes, 1ª ed..
- _____ (1992a) **A Galinha e seus Dentes**. Rio de Janeiro, Paz e Terra.
- _____ (1992b) **Viva o Brontossauro**. São Paulo. Companhia das Letras.
- GREENE, E.D. Jr. (1990) The Logic of University Student's Misunderstanding of Natural Selection. **Journal of Research in Science Teaching**, 9:875-885.
- GROSE, E.C. and SIMPSON, R.D. (1982) Attitudes of introductory college Biology students Toward Evolution. **Journal of Research in Science Teaching**.
- HALLDEN, O. (1988) The evolution of the species - pupil perspectives and school perspectives. **International Journal of Science Education** 10(5):541-552.
- HASHWEH, M.Z. (1986) Toward an explanation of conceptual change. **European Journal of Science Education** 8(3):229-249.

- HEWSON, P.W. (1981) A conceptual Change Approach to Learning Science. **European Journal of Science Education**. 3(4):383-396.
- HOURCADE, J.L.Y. RODRIGUEZ (1988) Ideas Prévias, Esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. **Enseñanza de las ciências** 6(2):161-166.
- HUXLEY, J. (1942) **Evolution the Modern Synthesis**. Nova York e Londres Harper e Brothers.
- JACOB, François (1983) **A Lógica da Vida: Uma história da hereditariedade**. Rio de Janeiro, Graal.
- JIMENEZ, A.M.P.; FERNANDEZ, P.J. (1987) Selection of adjustment? Explanations of University biology students for natural selection problems. in NOVAK, J. Proceeding of the 2. int. Seminar "Misconception and Educational Strategies", vol. II Ithaca. Cornell University pp. 224-238.
- JUNGWIRTH, E. (1975) "Preconceived adaption and inverted evolution" - A case of distorted concept - formation in High School biology. **The Australian Science Teachers Journal**, 21(12):95-100.
- KRASILCHIK, M. (1989) **O Professor e o Currículo das Ciências**, São Paulo, EPU.
- LAWSON, A.E., THOMPSON, L.D. (1988) Formal reasoning hability and misconceptions concerning genetics and natural selection. **Journal of Research in Science Teaching** - 25(9):733-746.
- LAWSON, A.E. and WESER, J. (1990) The Reflection of nons cientific Beliefs about life: effects of instruction and reasoning skills. **Journal of Research in Science Teaching**, 29(6):589-606.
- LAWSON, A.E. and WORSHOP, W.A. (1992) Learning about Evolution and Rejecting a Beliein Special Creation: Effects of Refletive Reasoning Skill, prior Knowledge, prior Belief and Religions Commitment. **Journal of Research in Science Teaching**, 29(2):143-166.
- LIMA, Celso P. de (1988) **Evolução Biológica: controvérsias**. São Paulo, Ática.

- LUDKE, M. e M.E.D.A. ANDRÉ (1986) **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo, E.P.U..
- MACHADO, A.H. (1992) **Equilíbrio Químico: Concepções e Distorções no Ensino e na Aprendizagem**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação - UNICAMP.
- MEDAWAR, P.B. e MEDAWAR, J.S. (1978) **A Ciência da Vida: idéias e conceitos atuais de Biologia**. Rio de Janeiro, Zahar editores.
- NOVAK, J.D. (1981) **Uma Teoria da Educação**. São Paulo, Pioneira.
- NUSSBAUM, J. (1989) **Classion conceptual Change: philosophical perspectives**. **International Journal of Science Education**. 11, (5):530-540.
- _____ (1985) **The Earth as Body**. in: DRIVER **Children's Ideas in Science**. Philadelphia, Open University Press.
- OSBORNE, R. and WITTRICK, C. (1983) **Learning Science: a generative process**. **Science education**, 62(4):489-508.
- PÉREZ, D.G. and CARRASCOSA. (1985) **Science Learning as conceptual and methodological Change**. **European Journal of Science Education** 7(3):231-236.
- PÉREZ, M.F. (1988) **La Profesionalizacion del Docente**. Madrid, Editorial Escuela Española, S.A.
- PFUNDT, H. and DUIT, R. (1991) **Students Alternative Frameworks and Science Education**, 3rd. edition, IPN, Kiel.
- PINES, A. and WEST, L. (1986) **Conceptual Understanding and Science Learning: An Interpretation of Research Within a Sources - of - Knowledge Framework**. **Science Education**, 70(5):583-604.

- POPE, M.L. e SCOTT, E.M. (1988) La Epistemologia y la práctica de los profesores, in: **Constructivismo y Enseñanza de las Ciências** - Sevilla, Diada Editoras.
- POSNER, e col (1988) Acomodacion de un concepto científico: Hacia una teoria del cambio conceptual. in: **Constructivismo y enseñanza de la ciências**. Sevilla, Diada editoras.
- ROMANELLI, L.I. (1992) Concepções do professor sobre seu papel mediador na construção do conhecimento do conceito átomo, Tese de Doutorado - Faculdade de Educação - UNICAMP, Campinas.
- ROSENTHAL, D.B. (1985) Evolution in High School Biology Textbooks: 1963-1983. **Science Education**, 69(5):637-648.
- SANTOS, M.E. (1991) **Mudança Conceptual em Sala de Aula: Um Desafio Pedagógico**. Lisboa, Livros Horizonte.
- SCHARMANN, L.C. and HARRIS Jr, W.M. (1992) Teaching Evolution: Understanding and Applying the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, 29(4):375-388.
- SCHNETZLER, Roseli (1993a) Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. **Em Aberto**, 15 p. (aceito para publicação).
- _____. (1993b) Do Ensino como Transmissão para um Ensino como Promoção de Mudança Conceitual nos Alunos: um processo (e um desafio) para a formação de professores de Química. Trabalho apresentado na **16ª Reunião Anual da ANPED**, Caxambú, 12-17/09, 38p.
- SIMPSON, G.G. (1962) **O significado da Evolução**: um estudo da história da vida e do seu sentido humano, São Paulo, Pioneira.
- _____. (1969) **A Biologia e o homem**. São Paulo, Cultrix.
- SKOOG, G. (1984) The coverage of Evolution in higt School Biology Text books Published in the 1980. **Science Education**, 68(2):117-128.
- SONCINI, Mª. J. (1993) A Evolução das idéias Evolucionistas. **Revista de Ensino de Ciências**, nº 24 pp. 5-12.

- SUBBARINI, M.S. (1983) Misconception about evolution among secondary school pupils in KUWAIT. in: HELM, H.; NOVAK, J.D. Proceedings of the international seminar "Misconceptions in Science and Mathematics" Ithaca, N.Y.:Cornell University, pp. 434-440.
- SUTTON, C.R. (1980) Science, Language and Meaning. **The School Science Review**, 62(218):47-56.
- STRIKE, K.A., POSNER, G.J. (1982) Conceptual Change and Science Teaching. **European Journal of Science Education**. 4(3):231-240
- THÉODORIDÈS, J. (1984) **História da Biologia**. Lisboa, Edições 70.
- VYGOTSKY, L.S. (1991) **Pensamento e Linguagem**. São Paulo, Martins Fontes, 3ª ed.

ANEXO I
ROTEIRO DA ENTREVISTA DO PROFESSOR DE BIOLOGIA

1. Em que Instituição de ensino superior você fez sua graduação?
2. Quantos anos você tem de formado?
3. Você fez alguma pós-graduação?
4. Há quanto tempo você leciona?
5. Você já lecionou algumas disciplinas além de Biologia? Quais?
6. Você leciona em outras escolas? Quais?
7. Como você faz a sua programação de Biologia? Em conjunto com outros professores ou sozinho?
8. Que materiais instrucionais você utiliza nas aulas de Biologia?
9. Que problemas (dificuldades) você vê no ensino de Biologia?
10. Que conteúdos de Biologia você usualmente ensina nas três séries do ensino médio?
11. Em quais conteúdos os alunos apresentam mais dificuldades?
12. Pra você, quais são os objetivos do ensino de Biologia?
13. Em que série, e em que momento do ano letivo você trabalha Evolução?
14. Conversando com vários professores de Biologia descobri que a maioria nunca ensinou Evolução. A quais motivos você atribui este fato?
15. Como você aprendeu Evolução na universidade?
16. Pra você quais são os objetivos do ensino de Evolução?

17. Pra você este é um conteúdo relevante de se ensinar no ensino médio? Por que?

18. Que estratégias você usa pra ensinar Evolução?

(Neste momento são introduzidas algumas respostas pré de alunos)

19. Como você ensinaria um aluno que pensa Evolução desta forma?

20. Que tipo de dificuldades os alunos encontram para aprender Evolução?

21. O que você trabalha em Evolução: teorias, conceitos... você ensina Evolução humana?

22. Quantas aulas são gastas no ensino de Evolução?

23. O que é Evolução para você? Você concorda com as teorias atuais?

24. Em geral Evolução é ensinada depois de genética, o que você acha disso?

(Neste momento são introduzidas algumas respostas pós de alunos)

25. Como você avaliaria um aluno que desse esta resposta na prova?

26. Na sua análise, qual é o nível de aprendizagem, sobre o conteúdo e Evolução, alcançado pelos alunos?

ANEXO II
QUESTIONÁRIO PILOTO

ESCOLA: _____

ALUNO: _____

SÉRIE: _____ IDADE: _____

TURNO: _____

Este questionário faz parte de um trabalho sobre as idéias que alunos do ensino médio têm sobre Evolução. Por isso sua opinião e sinceridade nas respostas são importantes.

Aqui vão algumas dicas para você responder bem o questionário:

1. Leia com atenção as questões antes de respondê-las.
2. Faça todas as questões.
3. Responda as questões com clareza.
4. Use suas próprias palavras.
5. Não deixe questões em branco, caso você não saiba do que se trata escreva claramente **NÃO SEI DO QUE SE TRATA**.
6. Nenhuma nota será dada à suas respostas.
7. Se houver necessidade use a folha em anexo para responder as questões.

Obrigada pela sua colaboração

1. Você já estudou algo sobre EVOLUÇÃO?
2. Para você o que é EVOLUÇÃO?
3. Você acredita na EVOLUÇÃO dos seres vivos? Por que?
4. Você acha importante estudar EVOLUÇÃO? Por que?
5. O que você acha que explica melhor a origem da vida "Adão e Eva" ou Teoria Científica? Por que?

6. Marque com um X as palavras abaixo que você acha que estão relacionadas com o conceito de EVOLUÇÃO. Para cada palavra que você marcar, escreva ao lado a relação que esta apresenta com a EVOLUÇÃO.

- 1 () Transformação _____
- 2 () Progresso _____
- 3 () Aptidão _____
- 4 () Hereditariedade _____
- 5 () Adaptação _____
- 6 () Competição _____
- 7 () Sobrevivência _____
- 8 () Extinção _____
- 9 () Seleção _____

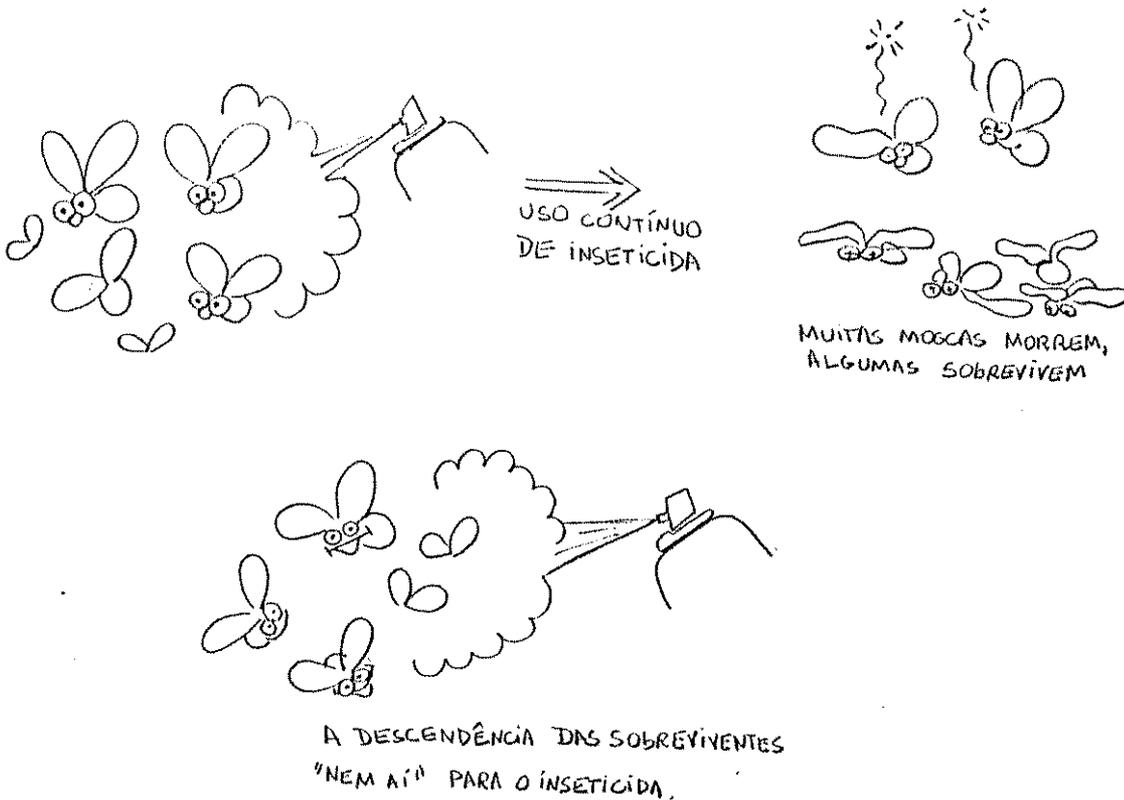
7. Utilizando as mesmas palavras da questão anterior, indique o(s) número(s) da(s) palavra(s) que para você estão fortemente ou fracamente relacionados com a EVOLUÇÃO.

FORTEMENTE N°s	FRACAMENTE N°s

8. Que mensagem a baratinha Fliti está passando, você concorda ou discorda dessa mensagem?



9. Você já ouviu algumas pessoas dizerem que o uso prolongado de antibióticos pode causar resistência no organismo? Qual a sua opinião sobre isso?
10. O que você entende por mutação e variabilidade?
11. Na sua opinião a EVOLUÇÃO ocorreu num passado distante da história da terra ou ainda ocorre hoje?
12. Se você acredita que a EVOLUÇÃO continua ocorrendo hoje, que seres você diria que ainda estão evoluindo.
13. Observe o desenho abaixo: tente explicar com suas palavras o porque da descendência das Moscas não estar mais sendo afetada pelo inseticida.



14. Indique pelo dois temas que você acha que estão fortemente relacionados com EVOLUÇÃO. Justifique sua escolha.
- () Classificação dos Seres Vivos
 - () Genética Mendeliana
 - () Parasitologia

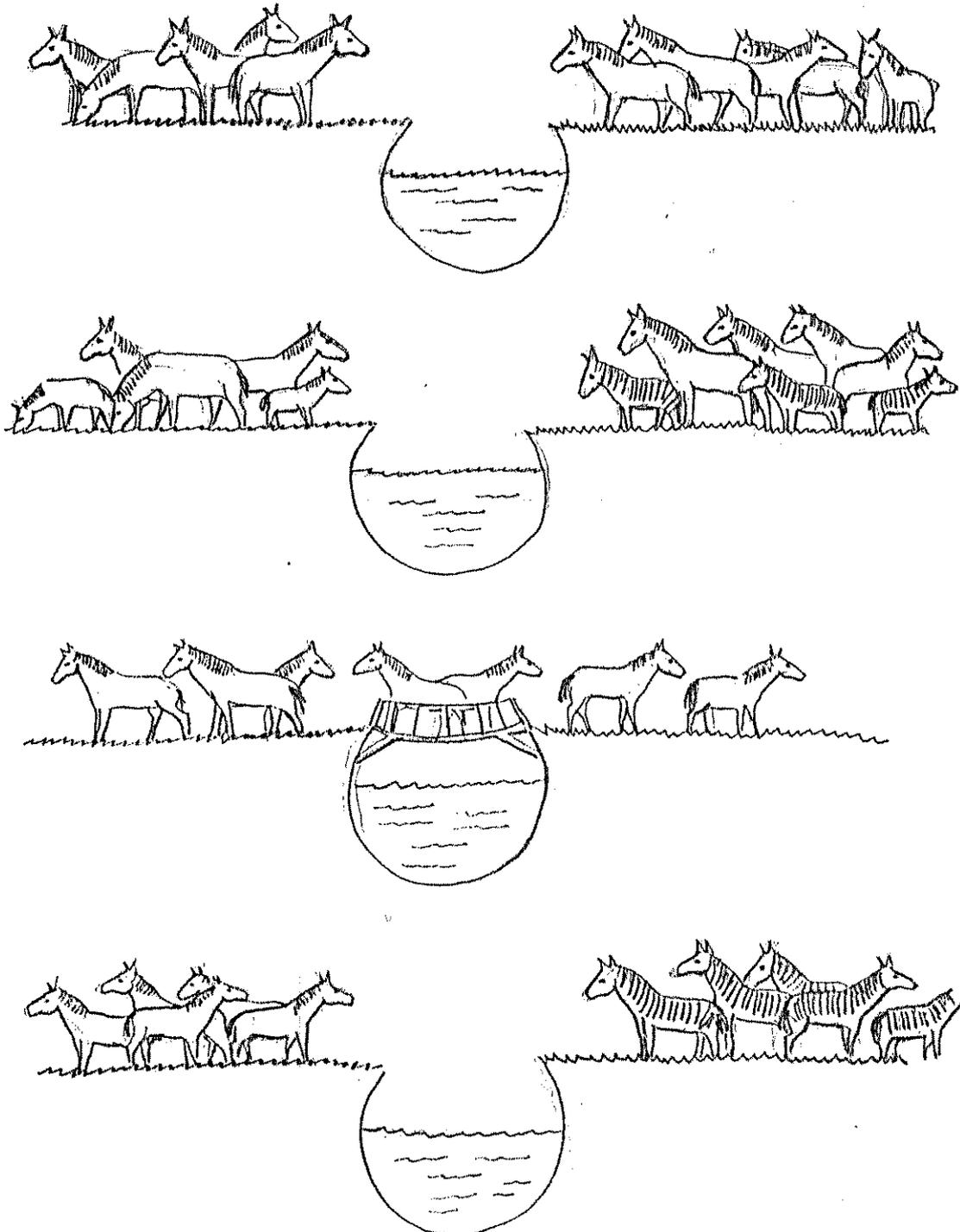
() Origem da Vida

() Características Gerais dos Seres Vivos

() Fotossíntese

Justificativa: _____

15. Organize os desenhos na sequência que na sua opinião ocorre o processo Evolutivo.



ANEXO III
QUESTIONÁRIO DEFINITIVO

ESCOLA: _____

ALUNO: _____

SÉRIE: _____ IDADE: _____

TURNO: _____

Este questionário faz parte de um trabalho sobre as idéias de **EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**, que alunos de 2º grau apresentam. Por isso sua opinião e sinceridade nas respostas são importantíssimas.

Vale lembrar que este questionário não fará parte de sua avaliação na escola. Além disso seu nome será preservado, não sendo mencionado em nenhum momento do relato da pesquisa.

Obrigada pela sua colaboração

1. Você já estudou algo sobre **EVOLUÇÃO**? O que? Onde?
2. Para você o que é **EVOLUÇÃO**?
3. Você acredita na **EVOLUÇÃO** dos seres vivos por que?
4. Qual é a importância de estudar **EVOLUÇÃO** a seu ver?
5. Pra você a **EVOLUÇÃO** ocorreu: (marque)
 - a) num passado distante da história da terra
 - b) ainda ocorre hoje
 - c) nunca ocorreu
6. O que você acha que explica melhor a origem da vida; 1º a concepção religiosa, que supõe que os seres vivos foram criados, por um ser superior; ou 2º a concepção científica que supõe que os seres vivos se originaram a partir das reações químicas entre moléculas simples e foram se modificando ao longo dos tempos? Por que?

7. Marque com um X as palavras abaixo que você acha que estão relacionadas com o conceito de EVOLUÇÃO. Para cada palavras que você marcar, escreva ao lado, a relação que esta apresenta com a EVOLUÇÃO.

- () Transformação _____
- () Progresso _____
- () Aptidão _____
- () Hereditariedade _____
- () Adaptação _____
- () Competição _____
- () Sobrevivência _____
- () Extinção _____
- () Seleção _____

8. Entre as palavras que você marcou acima, indique nos quadros as que você estão fortemente ou fracamente relacionados com a EVOLUÇÃO.

FORTEMENTE	FRACAMENTE

9. Qual a relação que você vê entre a historinha abaixo e a(s) teoria(s) de EVOLUÇÃO.

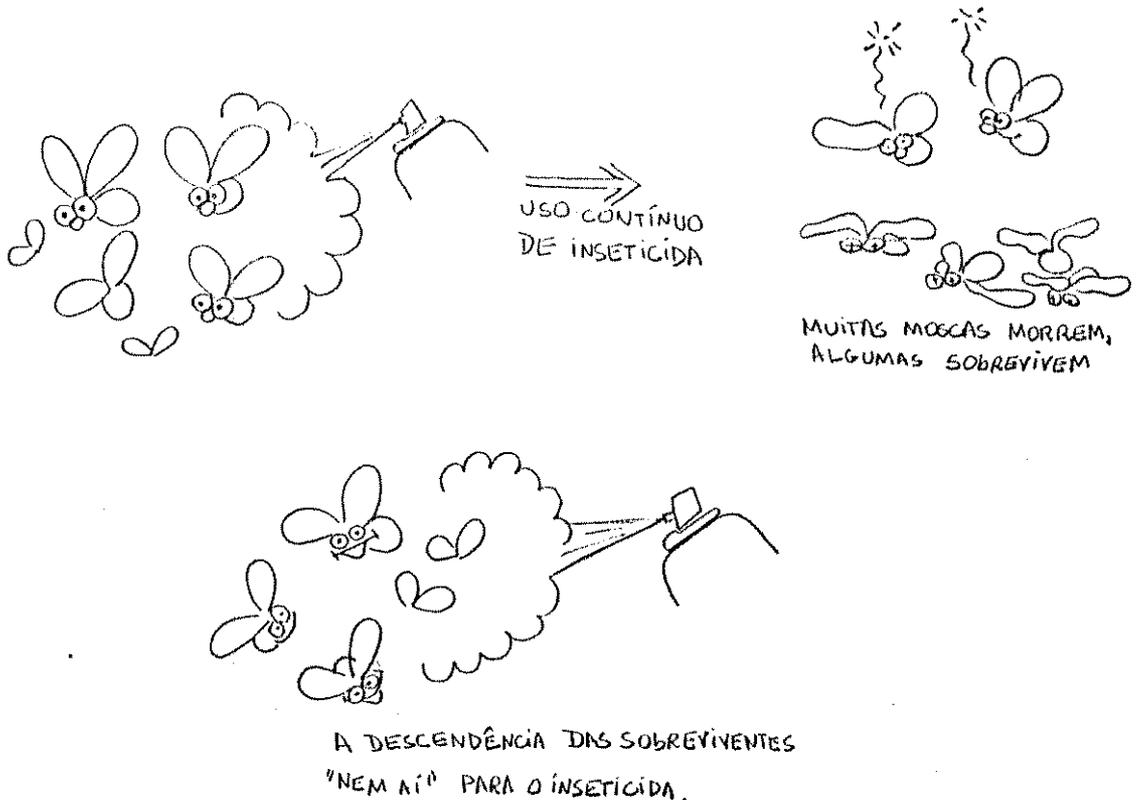


10. Você já ouviu algumas pessoas dizerem que o uso frequente de antibióticos pode torná-los ineficazes? Que relação têm este fenômeno com a EVOLUÇÃO?

11. Indique o(s) tema(s) que você considera relacionado(s) com EVOLUÇÃO. Justifique sua escolha.
- Classificação dos Seres Vivos
 - Genética
 - Parasitologia
 - Origem da Vida
 - Características Gerais dos Seres Vivos

JUSTIFICATIVA: _____

12. Que seres você acha que ainda estão evoluindo? Por que?
13. Dizem que as cobras originalmente tinham patas locomotoras e com o passar do tempo estas foram desaparecendo, explique com suas palavras palavras este fenômeno.
14. Observe o desenho abaixo: tente explicar com suas palavras o porque da descendência das moscas não estar sendo afetada por inseticida.



ANEXO IV

TAREFAS PROPOSTAS PARA OS ALUNOS DURANTE AS AULAS

1. Como você descreveria Lamarck para alguém que nunca ouviu falar dele?
2. Como você descreveria Darwin para alguém que nunca ouviu falar dele?
3. Segundo você que tipo de influência o ambiente exerce sobre os seres vivos?
4. Segundo você como se processa a recombinação gênica?
5. E qual é a sua importância para o processo evolutivo?

ANEXO V

TAREFA PROPOSTA PARA OS ALUNOS AO FINAL DO PERÍODO DE INSTRUÇÃO

1. Segundo você qual é a importância da variabilidade para a Evolução dos seres vivos?
2. Do que tratava o movimento fixista?
3. Em que pontos evolucionismo e fixismo são antagônicos?
4. Como você entende Evolução?
5. Quem foi Hugo De Vries, e qual foi o avanço que ele proporcionou ao evolucionismo?