

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

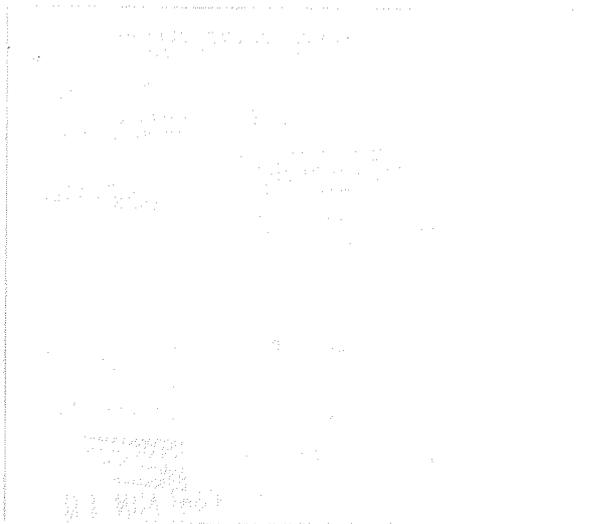
ANÁLISE CRÍTICA DO ENSINO DE CIÊNCIAS
A PARTIR DO
ESTUDO DA ELABORAÇÃO DO CONCEITO DE VIDA

Jordelina Lage Martins Wykrota

1998

574.07
W9812
T

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO



**ANÁLISE CRÍTICA DO ENSINO DE CIÊNCIAS
A PARTIR DO
ESTUDO DA ELABORAÇÃO DO CONCEITO DE VIDA**

FACULDADE DE EDUCAÇÃO
BIBLIOTECA
Av. Antônio Carlos, 6627
C. Postal, 1703 - Cidade Universitária Pampulha
31.270-901 - Belo Horizonte MG
Telefones: (031) 499 5301 - 499-5302
FAX: (031) 499-5301

Jordelina Lage Martins Wykrota

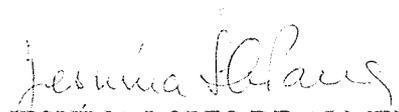
junho de 1998

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

ATA DA 290ª (Ducentésima Nonagésima) DEFESA DE DISSERTAÇÃO NO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO DA FAE/UFMG.

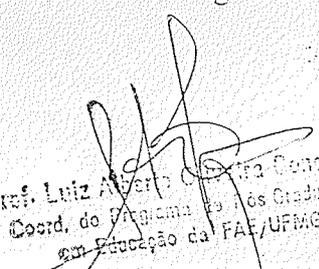
Aos dez dias do mês de agosto de mil novecentos e noventa e oito, realizou-se na sala 307 da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, uma reunião para apresentação e defesa da dissertação: "ANÁLISE CRÍTICA DO ENSINO DE CIÊNCIAS A PARTIR DO ESTUDO DA ELABORAÇÃO DO CONCEITO DE VIDA", da aluna **JORDELINA LAGE MARTINS WYKROTA**, requisito final para obtenção do Grau de Mestre em Educação. A banca examinadora, aprovada pelo Colegiado em 29/6/98, foi composta pelos seguintes professores: João Antônio Filocre Saraiva - Orientador, Jesuína Lopes de Almeida Pacca e Antônio Tarciso Borges. Os trabalhos iniciaram-se às 14 horas e 05 minutos com a síntese da dissertação feita pela mestrande. Em seguida os membros da banca fizeram uma argüição pública à candidata. Terminadas as argüições, a banca examinadora se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para fazer a avaliação final da defesa da dissertação apresentada. Em conclusão, a banca examinadora considerou a dissertação aprovada. O resultado final foi comunicado à **JORDELINA LAGE MARTINS WYKROTA** e ao público, concedendo à aluna o título de Mestre em Educação, devendo encaminhar à Secretaria do Programa a versão final em 04 (quatro) exemplares. Nada mais havendo a tratar, eu, Neuz Maria de Paula Marques, Secretária do Programa de Pós-Graduação em Educação, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada será por mim assinada e pelos membros da banca examinadora. Belo Horizonte, 10 de agosto de 1998.


PROF. JOÃO ANTÔNIO FILOCRE SARAIVA - Orientador


PROFª JESUÍNA LOPES DE ALMEIDA PACCA


PROF. ANTÔNIO TARCISO BORGES


NEUZA Mª PAULA MARQUES
Secretária do Programa de Pós-Graduação em Educação - FAE/UFMG


Prof. Luiz Alberto de Souza Gonçalves
Coord. do Programa de Pós-Graduação
em Educação da FAE/UFMG

Jordelina Lage Martins Wykrota

**ANÁLISE CRÍTICA DO ENSINO DE CIÊNCIAS
A PARTIR DO
ESTUDO DA ELABORAÇÃO DO CONCEITO DE VIDA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação.

Linha de pesquisa: Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Dr. João Antônio Filocre Saraiva
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
1998

04
U.F.M.G. - BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA



24439906

09
NÃO DANIFIQUE ESTA ETIQUETA

INV 03

(folha de aprovação)

Para Diva e Zininha, semeadoras da vontade de superar-se.

Agradecimentos

Ao orientador Prof. Dr. João Antônio Filocre Saraiva, pela confiança, respeito e, principalmente, pela enorme paciência com que orientou este trabalho.

Aos amigos: Nyelda, Lila, Míriam, Marilda, Otto, Rejane, Tarcísio, Silvania, Orlando, Prado, Maria Hilda, Simone e Milene, pelo apoio, pelo incentivo e pelas sugestões essenciais à realização deste trabalho.

À minha família, pela compreensão e tolerância com as ausências devidas à dedicação ao trabalho e pela satisfação que demonstram com as realizações assim alcançadas.

Aos professores, colegas e funcionários do Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMIG) e da Faculdade de Educação da UFMG que, de algum modo, participaram deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
INTRODUÇÃO.....	8
1: CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DO CONCEITO DE VIDA.....	11
1.1: PROBLEMAS CONTEMPORÂNEOS QUE JUSTIFICAM O QUESTIONAMENTO DO ENSINO DO CONCEITO DE VIDA.....	11
1.2: HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS.....	15
1.3: HISTÓRIA DA CIÊNCIA: QUAL VERSÃO?.....	20
1.3.1: O MODELO ARISTOTÉLICO.....	23
1.3.2: O MODELO CARTESIANO.....	30
1.3.3: O DOGMA CENTRAL DA BIOLOGIA: DNA →RNA →PROTEÍNA.....	38
1.3.4: BIOLOGIA NA FRONTEIRA: AUTOPOESE.....	44
2: ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA.....	47
2.1: UM BREVE PANORAMA.....	47
2.2: A QUESTÃO "O QUE É A VIDA" É ABERTA E COMPLEXA.....	59
2.3: OUTRAS POSSIBILIDADES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	67
2.4: O QUE SE GANHARIA ABRINDO ESPAÇO PARA A DÚVIDA.....	72
3: O ANIMISMO INFANTIL.....	76
3.1: INTRODUÇÃO: OBJETIVIDADE E REALISMO.....	76
3.2: O ANIMISMO INFANTIL SEGUNDO PIAGET.....	81
3.3: EXEMPLOS DE SALA DE AULA.....	87
4: ANÁLISE DO TRATAMENTO DA QUESTÃO "O QUE É A VIDA" EM TEXTOS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS – IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO.....	102
4.1: FLAGRANTES DA ANÁLISE DE TEXTOS DIDÁTICOS.....	102
4.2: ANÁLISE QUALITATIVA DO CONTEÚDO DE TEXTOS DIDÁTICOS EM RELAÇÃO AO TEMA "O QUE É A VIDA".....	106
4.3: CONCEPÇÕES DOS ALUNOS: O QUE PODEMOS INFERIR?.....	117
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
ANEXOS.....	133

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise do ensino de ciências e biologia, tendo como instrumentos a questão "o que é vida" e o estudo da elaboração do conceito de vida. Inicialmente, são exemplificados problemas contemporâneos que demandam revisão do ensino desse conceito. A seguir, por meio de estudo do desenvolvimento histórico desse conceito, são apontadas contribuições da história da ciência para o ensino, esclarecendo-se as condições em que essa contribuição poderia ser mais efetiva.

Um breve panorama do ensino de ciências e de suas tendências contemporâneas mostra a necessidade de considerar os processos de aprendizagem para obterem-se melhores resultados. Considerando-se um ensino universal e compulsório de ciências, defensável sob a meta da formação de um cidadão que vive em uma sociedade cada vez mais urbana, dependente de ciência e tecnologia, justifica-se por que é importante, na formação desse cidadão, um ensino de ciências que lhe permita compreender também as características, os limites desse conhecimento e o modo de sua produção. O ensino de ciências e biologia, diante do abandono da questão "o que é vida", é avaliado como deformado, deformante e anacrônico.

Alguns aspectos do pensamento piagetiano sobre as idéias das crianças a respeito do que é ou não vivo são relacionados a características essenciais do pensamento infantil, especialmente o animismo, suas causas, suas implicações e suas conseqüências. Com base nessas referências, foi feita uma avaliação qualitativa de textos didáticos e identificados alguns exemplos de situações de ensino que apontam a riqueza de possibilidades perdidas com o tratamento dogmático do assunto. São apontadas sugestões em relação ao tema para a prática pedagógica e a formação do professor. A questão "o que é vida", sob essa investigação, parece ser socialmente relevante e significativa e pedagogicamente promissora no ensino de ciências e na formação do professor de ciências.

INTRODUÇÃO

Vida é uma dessas palavras que usamos como se todos soubessem exatamente o que significa mas, ao mesmo tempo, tem o dom de nos deixar boquiabertos, pensativos ou com a sensação de que dissemos muito pouco do que ela significa ao esboçarmos alguma resposta a seu respeito.

Ao procurar respostas no conhecimento já produzido, deparamos com uma diversidade e riqueza inesgotáveis de significados e também com as origens de muitas formas de conhecer. Qual a resposta que a Biologia tem para a questão "o que é vida"? O que é específico em seu objeto de estudo? Não há resposta única, nem pronta. Em geral, o problema é considerado difícil e amplo demais, e delegado à filosofia ou à religião. Essa é mesmo uma questão de "segurança máxima", muitas vezes trancada nos níveis instintivos da mente. Verifico que o ensino de ciências espelha essa incoerência.

Mas, como pode um campo de conhecimento, tão recente, relegar o que é específico de sua investigação? O que significa conhecer a vida do ponto de vista biológico? Ser capaz de maravilhar-se, contemplando-a? Ou ser capaz de controlá-la, criá-la, transformá-la?

Muitos problemas contemporâneos justificam o desafio de encontrar respostas para essas questões. Este é um tempo de intensa preocupação social não só com "quantidade de vida" mas também com "qualidade de vida". O conhecimento científico e tecnológico tem profundas implicações sociais e a bioética começa a expandir-se como campo de conhecimento, nesta década. O debate ético sobre onde a lei deveria impor limites à manipulação da vida carece de uma definição de vida que está por ser construída e não deveria restringir-se aos limites do campo científico. As questões ambientais tornaram-se bandeiras políticas e ideológicas. A melhoria das condições de saneamento, medicina e agricultura, entre outras, aumentaram a população humana e a população de longevos¹. Paralelamente, alargaram o fosso que separa as populações que não têm acesso a essas melhorias, as injustiças na distribuição mundial de riquezas e a consciência da possibilidade da extinção de nossa espécie pelas ameaças ambientais decorrentes do "sucesso" da nossa intervenção no ambiente.

¹ Apenas nos USA existem, hoje, mais de 100 000 habitantes com mais de 100 anos de idade.

Como formar um cidadão autônomo e competente sem encarar a discussão desses problemas? O que justifica um ensino de ciências para todos, hoje? Ao longo dos anos de experiência em ensino e diante do desafio de rever permanentemente minha própria formação e a de meus alunos, interessei-me cada vez mais pelo tema.

A questão "o que é vida" pareceu-me suficientemente aberta, complicada e, por isso mesmo, promissora, para investigar e analisar criticamente o ensino de ciências, procurando as incoerências entre metas declaradas e práticas efetivadas nesse ensino. Não foi possível tratá-la sem perguntar também o que é conhecimento, o que é ciência, o que é ensinar e aprender, quais as relações entre as diversas formas de responder essas questões e as visões de mundo que as sustentam. No curto período em que foi realizada, essa investigação foi conduzida de modo mais exploratório do que sistematizado, e seu resultado está apenas esboçado neste trabalho.

No capítulo 1, procuro justificar a importância da revisão do ensino do conceito "vida", as contribuições da história da ciência para seu ensino e esclarecer as condições em que essa contribuição poderia ser mais efetiva. Procurei selecionar recortes mais significativos dessa história para realçar as transformações, a permanente elaboração desse conceito, dúvidas e propostas existentes na ciência contemporânea a esse respeito. Procuro mostrar que a história das idéias sobre o que é a vida é também a de diferentes concepções de conhecimento, parecendo oscilar entre o subjetivo e o objetivo, entre o que é dado e o que é transformado, entre o qualitativo e o quantitativo, quase clamando por um terceiro ponto de vista, construído na interação desses aspectos e mais integrador.

No capítulo 2, traço um breve panorama do ensino de ciências e de suas tendências contemporâneas para focar as idéias de aprendizagem por mudança conceitual. Procuro as justificativas de um ensino universal e compulsório de ciências, defensável sob a meta da formação de um cidadão que vive em uma sociedade cada vez mais urbana, dependente da ciência e da tecnologia. Penso ter justificado por que é importante, na formação desse cidadão, um ensino de ciências que lhe permita compreender *também* as características, os limites desse conhecimento e o modo de sua produção. Por isso, e por outras razões explicitadas, avalio o ensino de Biologia, diante do abandono da questão "o que é vida", como deformado, deformante e anacrônico. Procuro mostrar que, na formação de um cidadão autônomo, é essencial aprender a conviver com dúvidas e incertezas. A questão "o que é vida" é socialmente relevante e significativa. Abandoná-la ou responder a ela com estereótipos significa abrir mão da dúvida, do processo de

elaboração de uma resposta. Significa também mitificar a ciência e colaborar, no ensino, para conservar essa mitificação.

No capítulo 3, busco desenvolver alguns aspectos do pensamento piagetiano sobre as idéias das crianças a respeito do que é e do que não é vivo, relacionadas às características essenciais do pensamento infantil, especialmente o animismo, suas causas, suas implicações e suas conseqüências. Busco também pontos de vista de outros autores sobre o assunto, relacionados a situações pedagógicas, e exemplos das idéias expostas em nosso contexto. Apresento algumas sugestões para a prática pedagógica relacionadas à discussão do tema.

No capítulo 4, volto a refletir sobre as situações de ensino analisando exemplos da abordagem da questão "o que é a vida" em textos didáticos de biologia e ciências. Faço isso considerando a tendência de renovação e sistematização da avaliação do livro didático em nosso país ocorrida nos últimos anos e procurando apontar concepções pedagógicas, concepções de ciência e de conhecimento que deveríamos evitar, tendo em vista a relevância desse referencial para o trabalho em sala de aula. Procuro exemplificar também a riqueza de uma abordagem mais aberta do tema e as possibilidades perdidas por um tratamento dogmático da questão.

Nas considerações finais, faço uma apreciação geral das idéias aqui discutidas, procurando realçar as relações entre elas e apontando o que encontrei de mais promissor para referenciar procedimentos de ensino.

1: CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DO CONCEITO DE VIDA

1.1: PROBLEMAS CONTEMPORÂNEOS QUE JUSTIFICAM O QUESTIONAMENTO DO ENSINO DO CONCEITO DE VIDA.

Parece que o longo processo histórico a que foi submetida a questão _ “o que é vida?”, tenha sofrido de um dualismo entre as respostas:

1. vida é “algó mais” na matéria, que a torna viva (e que se separa dela ou não após a morte), um princípio vital que não pode ser explicado em termos físicos e químicos, algo desconhecido que sempre desafiará a análise humana.

2. vida é um padrão de processos físico-químicos.

Segundo SMITH (1977:411), a melhor representação desse processo não é “*um pêndulo oscilando entre um extremo inválido e outro,*” mas a separação de uma imagem teleológica e animista do mundo de outra, não teleológica e mecanicista, uma demarcação progressiva no âmbito do subjetivo e objetivo. No olhar de um filósofo-cientista antigo, o mundo era percebido como um organismo vivo. Algumas culturas indígenas contemporâneas, as crianças e alguns pesquisadores² ainda o fazem, embora por razões muito diferentes. Até a idade moderna, a idéia de matéria inorgânica, inanimada, diferente da matéria viva experimentada subjetivamente, era estranha para a humanidade. No olhar de muitos cientistas contemporâneos, percebemos os organismos, inclusive nossos próprios corpos e cérebros, como máquinas.

Ainda segundo SMITH (1977: 406), essa mudança de percepção desenvolveu-se em paralelo com a tecnologia e parece que “*a fim de sentir que realmente entendemos algo, primeiro temos de construí-lo nós mesmos. A profunda compreensão que se segue a esta atividade pode levar a modelos por meio dos quais é possível organizar os fenômenos do mundo natural*”.

Entretanto, a “objetividade científica” que suporta essa mudança de percepção, considerada tão verdadeira, começa a aflorar como a expressão de um complexo de

² Por exemplo, James Lovelock, autor da hipótese Gaia, propõe considerar o planeta Terra como um organismo vivo (LOVELOCK, 1991: 35-36).

forças tecnológicas e sócio-econômicas subjacentes. O progresso de toda teoria científica é parcialmente controlado por forças sociais, pela tecnologia que uma dada sociedade desenvolveu e aprendeu, pela lógica que estrutura suas idéias, por suas crenças e valores.

A idéia de vida como um padrão de processos físico-químicos tem a preferência da biologia desde o início deste século, embora nunca de modo completo. Isso se deve, entre outros motivos, ao sucesso de explicações científicas para propriedades dos organismos, anteriormente inexplicáveis desse modo, ao afastamento de posições mecanicistas rígidas do tipo "organismos vivos nada são além de máquinas" e à aceitação da idéia de que a matéria viva possui propriedades não partilhadas com a matéria não-viva, devidas a sua organização.

Do ponto de vista da Biologia Molecular ou da Bioquímica, encontramos, por um lado, uma continuidade, uma noção progressiva do inanimado ao vivo, uma vez que ambos são compostos dos mesmos elementos, regidos pelas mesmas leis físico-químicas. Nesse caso, a noção de vida desaparece, ou pelo menos torna-se inútil. Por outro lado, encontramos a noção de vida como a emergência de uma novidade qualitativa, uma espécie de sinergia, de característica que surge no umbral de um sistema molecular, em que o todo contém algo "a mais" do que a soma das partes, a partir de um certo nível de complexidade, o que supõe uma ruptura entre o conhecimento biológico e o puramente físico-químico desse sistema.

Paralelamente, alguns biólogos de outras especialidades continuaram a discutir que as leis da física e da química sozinhas não eram suficientes para explicar características importantes da vida, não por causa de algum elã vital, de alguma razão espiritualista, mas em razão de alguma complexidade emergente. Entretanto, os defensores da idéia de vida como uma propriedade emergente em sistemas complexos têm suas idéias sob forte suspeita de adesão a explicações vitalistas já superadas.

É nas fronteiras da biologia normal (no sentido de ciência normal empregado por KUHN, 1994:57-66), no campo das controvérsias e das incertezas, que encontraremos a discussão do que seja a idéia biológica de vida. Uma vez que o compromisso do ensino de ciências tem sido com os paradigmas da ciência normal, essa discussão tem estado ausente das salas de aula. Mas, assistimos ao progresso tecnológico que permite a manipulação genética e a interferência humana na biosfera, introduzindo novidades e ativando uma crise que demanda novas explicações para uma noção do que seja vida e do que seja a tão falada "qualidade de vida".

Não é à toa que ARIÈS (1989:183) se refere à morte do ser humano, escondida socialmente nos hospitais das sociedades urbanas ditas desenvolvidas, como novo tabu que aparece, no século XX, quanto mais se afrouxam as interdições sexuais vitorianas... *“Uma característica significativa das sociedades industrializadas é que a morte tomou o lugar da sexualidade como interdito principal.”* Para Phillippe Ariès, no mundo civilizado e dito desenvolvido, assistimos ao dilema de uma morte que chega ao fim de uma longa vida e ao dilema de prolongá-la em condições muitas vezes sofridas, indignas e humilhantes. Questiona-se o direito reconhecido e regulamentado de pôr fim a este prolongamento num dado momento. Mas, direito reconhecido e regulamentado por quem? E quem decide o momento? O médico? A família? Geralmente, cada caso é resolvido pelo médico em função de vários parâmetros: o respeito pela vida, que leva a prolongá-la indefinidamente; a humanidade e a comiseração que levam a abreviar o sofrimento; a consideração da utilidade social do paciente (jovem ou velho, célebre ou desconhecido, digno ou degradado); e o interesse científico em cada caso. Então, há necessidade de um novo estatuto para os moribundos e para os médicos, senhores do direito legal de emitir atestados de óbito.

No Brasil, a resolução do Conselho Federal de Medicina Nº 1346/91 resolve adotar para diagnóstico da morte o critério *“parada total e irreversível das funções encefálicas”*, por meio de critérios clínicos e complementares, após um período mínimo de seis horas. Considera essa decisão *“conforme o já estabelecido pela comunidade científica internacional, a necessidade judiciosa da indicação de uso e interrupção de recursos extraordinários para suporte de funções vegetativas”* e que *“ainda não há consenso sobre a aplicabilidade desses critérios em crianças menores de 2 anos”*.

Sabemos que somos (todos os brasileiros) doadores potenciais de órgãos para transplantes, a menos que expressemos desacordo com essa situação na carteira de identidade, segundo uma ação governamental que tenta regulamentar, entre outros aspectos, a comercialização ilegal de órgãos humanos em nosso país. No entanto, paralelamente, constatamos que ela continua, de diversas formas.³

Mas, não são apenas esses os problemas de princípios éticos que estão relacionados ao desenvolvimento da biologia e à série de situações deles conseqüentes, incomuns até muito recentemente. Outros exemplos a serem citados, restritos ao campo

³ Em notícia publicada pela Folha de São Paulo, de 1º de novembro de 1997, José Geraldo Duarte Cruz, 36 anos, dá o depoimento de que anunciou sua disposição em vender um de seus rins por R\$ 280 mil, para “saldar uma dívida e andar novamente na rua de cabeça erguida”.

da vida humana, de situações com as quais nos deparamos na mídia cotidiana são: aborto legalizado ou não, eliminação de embriões humanos congelados, eugenia e bancos de sêmen e de óvulos, fertilização *in vitro* e transferência de embriões, mães "de aluguel", comercialização de embriões humanos, clonagem, terapia gênica, transferência de genes, cirurgias para controle de comportamento, uso de máquinas para prolongamento da vida, operações de troca de sexo, suspensão criogênica da vida. O debate ético sobre onde a lei deveria colocar limites à manipulação da vida carece de uma definição do que seja "vida" que está por ser construída, e não deveria restringir-se aos limites do terreno científico⁴.

Novos campos de conhecimento começam a expandir-se, por exemplo, o da bioética, o da inteligência artificial, o da vida artificial. Este último, já bem estabelecido, usa conceitos da teoria da informação e modelos da ciência da computação para estudar a vida. Os cientistas desse campo assumem a idéia de que a vida não seja uma categoria natural. Todos esses campos colocam muitos problemas filosóficos.

Em nossos tempos, os conhecimentos biológicos já permitem a invenção de novos seres vivos⁵, e a interferência direta na determinação de características de nossa própria espécie. Questões como a distância entre bioética e progresso científico e a submissão tecnológica a países desenvolvidos precisam ser discutidas além dos limites acadêmicos, caso queiramos o desenvolvimento da ciência a serviço do bem-estar social.

Escolhendo Joshua Ledberg,⁶ para citar um dentre centenas de cientistas preocupados com esses problemas, "*os princípios que vão regular as interferências no código da vida devem ser traçados pelo conjunto da sociedade. O ponto de vista da ciência deve apenas oxigenar os debates.*"

Pessoas comuns precisam ter compreensão suficiente dos fundamentos do pensamento biológico para avaliar, de modo consciente e esclarecido, sem constrangimento e coerção, problemas como os citados acima.

⁴ O editorial da folha de São Paulo, de 5 de agosto de 1996, por exemplo, ao referir-se à polêmica gerada em torno da decisão do governo do Reino Unido de destruir mais de 3000 embriões humanos congelados, questiona: "*que modalidade de vida é essa, suspensa, mas não propriamente interrompida, e que campos de direitos e deveres ela enseja?*"

⁵ Em 1997, o Brasil faz uso, pela primeira vez, de sementes de milho de plantas transgênicas, desenvolvidas por biotecnologia, segundo dados da Embrapa.

⁶ Joshua Ledberg é um dos precursores da pesquisa em genética molecular, um dos ganhadores do prêmio Nobel, da Universidade Rockefeller, N.Y., USA. In: A Sociedade é o Juiz. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro: SBPC, 18 (108), p.22, abr 1995.

Para o professor, portanto, é importante saber que a Biologia atual funciona, na sua maior parte, dentro de um modelo mecanicista e, como consequência, o seu ensino não se interessa pela construção do conceito de vida, cuja noção, relegada ao domínio filosófico ou religioso, não é considerada seu objeto de estudo. Essa idéia é expressa em trechos de livros didáticos, por exemplo:

“os biólogos acharam que é muito mais profícuo caracterizar os seres vivos (isto é, descrever suas qualidades essenciais) que tentar definir vida” (BAKER & ALLEN, 1975: 2);

“a vida não existe no abstrato. Não há, de fato, 'vida'. O que existe, e pode ser examinado e estudado, são organismos individuais” (CURTISS, H., 1977:23).

O pressuposto aqui é que o professor, ao refletir e trabalhar com a história da ciência, com a riqueza desse conceito, que está normalmente ausente de sua formação e do trabalho em sala de aula, poderá ter mais instrumentos para suportar e estimular a compreensão, por seus alunos, não apenas dos fundamentos do pensamento biológico, mas também das possibilidades e limites dessa forma de pensar e de suas implicações.

A seguir, procuro fundamentar a importância da contribuição da história da ciência para o ensino do conceito biológico “vida”, esclarecer as condições em que essa contribuição poderia realizar-se mais efetivamente para, então, analisar as noções de vida que existiram ao longo da história até os dias de hoje, mais interessantes, nessa perspectiva, para o ensino desse conceito.

1.2: HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS

A crença na possibilidade e até mesmo na necessidade de contribuições da história da ciência para melhorar ou inovar o ensino de ciências está, de modo geral, relacionada ao objetivo que se quer alcançar com seu uso e, conseqüentemente, ao modo como poderia ser usada para tal. A literatura aponta diversas visões a esse respeito, muitas controversias e não se observa ainda, entre os pesquisadores de ensino de ciências, um

consenso sobre como isso poderia realizar-se (MATTHEWS,1994:50; BIZZO, 1991:149-161).

Uma lista das possibilidades habitualmente atribuídas ao papel da história da ciência no ensino de ciências inclui: ilustrar o caminho do progresso científico até as conquistas recentes; introduzir questões históricas e sociais que seriam intrinsecamente importantes; motivar o aprendizado de ciências, tornando-o mais interessante para o aluno; perturbar o dogmatismo com que se revestem de modo comum os textos e aulas de ciências, encorajando uma postura crítica em relação às verdades científicas; humanizar a produção científica e o tratamento do assunto, tornando-o menos árido; favorecer o tratamento interdisciplinar do tema; promover compreensão de conceitos e métodos científicos; relacionar desenvolvimento da ciência e fatores externos a esse campo de conhecimento; proporcionar estabelecimento de analogias entre o desenvolvimento histórico de um conhecimento e sua elaboração por um aluno; antecipar obstáculos epistemológicos que possam dificultar a aprendizagem e inspirar situações de ensino que favoreçam sua superação; inspirar a escolha de conceitos fundamentais a serem ensinados, de idéias essenciais e básicas que facilitem a articulação e a complexidade crescente de novas idéias; ajudar na compreensão da lógica que os estudantes usam para dar coerência a seus modelos, na compreensão do significado que atribuem a determinadas idéias, aparentemente "sem sentido" para o professor.

Essas possibilidades falam pouco a respeito de qual história da ciência privilegiar, quando e como usá-la no ensino de ciências, o campo das divergências. É muito diferente, por exemplo, introduzir história da ciência no ensino de ciências por uma abordagem meramente aditiva ou por uma abordagem mais integradora. Inicialmente, procuraremos *indicar algumas limitações da primeira possibilidade* para, a seguir, *identificar as condições em que a compreensão do desenvolvimento histórico de um conceito científico pode torná-lo instrumento de ensino desse conceito* e, dessa perspectiva, *justificar a sua importância*, sem redução do ensino de ciências a um ensino de história, o que equivaleria a uma substituição.

O ensino de ciências formal, comprometido apenas com a transmissão das idéias aceitas consensualmente pela Biologia, dentro dos paradigmas da ciência normal, corre o risco de reduzir o tratamento didático da história da ciência à seleção apenas da seqüência de contribuições anteriores que culminaram na construção do conhecimento considerado válido na atualidade. Excluindo-se as divergências, admite-se, ainda que implicitamente,

a idéia de um progresso da ciência linear e gradual, obtido pela acumulação sucessiva de contribuições.

A versão histórica corriqueira nos livros didáticos de Biologia, quando existe, passa freqüentemente pela citação de um breve elenco de eminentes descobridores e pela narrativa da seleção de contribuições que se sucedem cronologicamente até a aceitação da idéia que vigora. Desse modo, ao exaltar sua eficiência, o faz em detrimento das outras, vencidas, derrotadas, ou socialmente desprestigiadas, que permanecem no passado da ciência mas não são usadas no ensino de ciências (GIORDAN, 1987: 1-31).

E mais, os aspectos não-científicos dessa vitória do paradigma vigente, as idéias científicas derrotadas e seu valor heurístico normalmente escapam dessa narrativa e, assim, contribui-se para a deformação do entendimento do que seja a natureza da ciência e do seu desenvolvimento. Não seria objetivo aqui demolir ou desmerecer o trabalho significativo de tal ou qual cientista, mas incluir nele aspectos importantes da relação da teoria ou interpretação da observação.

Pergunto: a que propósito pode interessar um aluno ou professor, saber, por exemplo, que Robert Brown, conhecido na biologia como o eminente "descobridor" do núcleo celular, também considerou os espermatozóides humanos inertes, e explicou seu movimento, observado ao microscópio, nas condições da época, como causado pelo movimento browniano? Entendo que conhecer as condições em que essa explicação foi elaborada, os valores e crenças que podem ter influenciado sua formação, os novos fatos e recursos que permitiram sua ultrapassagem, pode dizer muito mais sobre como a ciência é elaborada do que a simples citação de um resultado, considerado de valor ou não a partir do ponto de vista do conhecimento atual.

Além disso, o contato direto de um estudante que se inicia num campo científico com textos e contextos científicos de épocas passadas, selecionados pelo professor sem considerar as necessidades do aluno, ainda que cuidando em evitar versões simplistas ou reducionistas da história, pode significar simplesmente enfrentar um emaranhado de idéias e diversidade de soluções de problemas. Talvez reforçasse mais ainda aqueles já previamente motivados, mas desencorajasse profundamente os já excluídos de um interesse maior por esse campo do conhecimento. E mais, seria difícil o acesso dos estudantes a versões originais de idéias científicas passadas, dentro de uma visão crítica, se eles ainda não compreendem as atuais. Também o tempo necessário para percorrer

diversas explicações históricas de um único conceito pode ser longo demais para uma situação pedagógica.

Por um lado, observam-se, entre historiadores da ciência e cientistas, discordâncias sobre a possibilidade de um paralelo entre a elaboração de uma idéia por um pesquisador do passado e um estudante, hoje, e também sobre a dependência entre o significado epistemológico de um conhecimento e seu modo de produção. Por outro lado, a crença na possibilidade de um paralelismo entre o desenvolvimento histórico de uma idéia e seu aprendizado atual levou ao pressuposto de que fosse possível aprender idéias atuais em ciência pela simples simulação de passos ou experiências clássicas do passado, a chamada “redescoberta” de conceitos, e ao tratamento do estudante como um “pequeno cientista”. E os resultados inadequados dessas implicações já são bastante criticados.

Diante dessas limitações, procuro identificar as condições em que o uso da história da ciência pode tornar-se mais promissor para a melhoria do ensino de ciências.

Trabalhar os erros e os enganos que aconteceram no passado, *sem esquecer-se das circunstâncias históricas em que foram pensados*, pode ajudar na compreensão de que, naquelas circunstâncias, não se tratava propriamente de erros ou enganos. Eram idéias que faziam bastante sentido no quadro de valores e práticas vigentes na sua época, na maioria das vezes dificilmente refutáveis, nas condições de então. O erro é assim considerado como produto de uma avaliação reflexiva realizada sempre *a posteriori*. E isso permite uma mudança importante: evitar a forma anedótica a que rotineiramente é reduzido o tratamento dos conceitos e idéias historicamente superados.

Permite também a elaboração da pergunta: que tipo de informações ou recursos, disponíveis atualmente, faltavam ao pesquisador do passado, para que ele pudesse pensar de uma forma diferente? Responder a ela pode ajudar o professor a identificar lacunas no conhecimento dos seus alunos, especialmente se ele, por já possuir essas informações e recursos, sequer imagina como seria a explicação de um fato sem contar com elas.

Além disso, convém lembrar que idéias consideradas corretas, do ponto de vista científico atual, foram rejeitadas socialmente no passado, ao passo que outras, consideradas hoje incorretas do ponto de vista científico, foram e ainda são usadas por motivos não puramente científicos, mas de natureza religiosa, filosófica, econômica, política, dentre outras. Isso nos permite construir a indagação: que tipo de valores e crenças sustentam ou rejeitam socialmente uma idéia científica? A resposta pode ajudar a compreender as relações entre ciência e sociedade em geral. Conviver com as diversas

formas de pensar e com o uso social que se faz das idéias científicas pode contribuir para aprofundar a compreensão da inexistência de neutralidade na ciência.

Por último, mas não menos importante, trazer idéias históricas para discussão, considerando as condições, as circunstâncias e o modo de sua produção, torna-se importante também para melhor compreensão dos limites e das possibilidades da ciência, do papel da teoria e da experimentação na ciência, de como a ciência se desenvolve, para o reconhecimento de que os modelos aceitos atualmente são falíveis e provisórios. Isso é fundamental para o desenvolvimento de uma postura crítica e voltada para a permanente busca de novas explicações, para a maior participação individual nas decisões sociais a respeito do uso que se faz da ciência.

Portanto, a intenção aqui, ao buscar aspectos históricos das transformações do conceito de vida, não é estabelecer correspondências diretas com o desenvolvimento das idéias dos alunos e, menos ainda, admitir a recapitulação da filogênese pela ontogênese, ou deter-se na evidência de analogias de sucessão. Procuo identificar em que aspectos as mudanças de uma noção para outra, no contexto de visões de mundo diferenciadas, seriam análogas aos de uma mudança conceitual nos indivíduos. Pergunto: de que modos os exemplos que as crianças dão sobre o que é vivo ou não, elaborados em função das operações do seu pensamento e da cultura na qual são educadas, seriam análogos, *funcionalmente*, às explicações dadas, em outras épocas, por diferentes pensadores?

Discordo da possibilidade de admitir o paralelismo entre pensamento e trabalho científico do passado e aquele realizado pelo estudante ao aprender idéias científicas como um refazer seqüencial de etapas a serem meramente repetidas, um “redescobrir” com forte ênfase no conteúdo, como são muitas vezes assimiladas as idéias a respeito desse problema. Busco em PIAGET e GARCIA (1984:33) a fundamentação para admitir as possibilidades de comparar os encadeamentos sociogenéticos com os psicogenéticos:

“...não [se trata]... de modo algum de estabelecer correspondência entre as sucessões de natureza histórica com as que revelam as análises psicogenéticas, destacando os conteúdos, mas, o que é completamente diferente, mostrar que os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte são análogos aos da passagem de um estágio psicogenético ao seu sucessor.”

Sendo esses mecanismos de ultrapassagem o objeto central do trabalho de Piaget e Garcia, esses autores apresentam como pontos comuns à história da ciência e à psicogênese dois caracteres: um deles seria um processo geral que caracteriza todo progresso cognitivo: em caso de ultrapassagem, o ultrapassado é sempre integrado no que

ultrapassa. Outro, que parece ser também de natureza completamente geral, é o processo que conduz da análise intra-objetal ou análise dos objetos ao interobjetal ou estudo das relações e transformações, e daí ao transobjetal ou construção das estruturas. Esses autores chegam mesmo a considerar a sucessão da tríade intra, inter e trans, e o fato de elas poderem ser detectadas tanto no cerne das sucessões globais, como das subetapas que as integram, como o melhor argumento a favor de uma epistemologia construtivista.

Dentro desse pressuposto teórico, o desenvolvimento histórico do conhecimento do conceito de vida não será considerado aqui como uma seqüência linear, pela substituição de cada etapa por sua sucessora, nem pela adição simples de etapas sucessivas e sua acumulação. As transformações serão consideradas seqüenciais em termos de que cada uma delas é, ao mesmo tempo, o resultado das possibilidades abertas pela precedente e a condição necessária à subsequente e em termos da sucessão intra-inter-trans do processo geral de construção do conhecimento proposto por Piaget e Garcia.

Nessa perspectiva, compreender a produção histórica de idéias sobre o fato biológico "vida" pode ser muito útil para o professor. Tentar atribuir uma lógica a essas idéias pode ser ocasião de identificar as informações que faltam aos seus alunos e/ou as contradições que poderiam ajudá-los a provocar mudanças na sua forma de pensar, nas suas concepções ou ainda nas crenças que as sustentam. Uma dúvida, pergunta ou erro do aluno que antes "não fazia sentido" para o professor pode, dessa forma, ser mais bem compreendida e ele pode querer interagir com ela, ao invés de simplesmente pretender ignorá-la ou extirpá-la. Essa abertura de possibilidade é assumida com base no reconhecimento de algo em comum entre cientistas do passado e um aluno de hoje: o desafio de construir novidades, imaginar novas possibilidades e processar informações, dentro de um sistema lógico e um quadro de valores, fazendo parte de uma cultura e de um contexto histórico.

1.3: HISTÓRIA DA CIÊNCIA: QUAL VERSÃO⁷?

Seria pretensão da nossa parte querer abarcar múltiplas versões da história da ciência, mesmo de um único conceito, dada a amplitude dessa tarefa, principalmente tratando-se do conceito vida. Mesmo porque reconhecemos nossa falta de erudição para tal, e outros já o fizeram com bastante brilho e mérito (PICHOT, 1993; SMITH, 1977). Também reconhecemos nossa limitação em recorrer aos originais do pensamento clássico, o que nos coloca a necessidade de escolher entre seus intérpretes.

Assim, trataremos de alguns aspectos históricos das transformações pelas quais passou a idéia do que seja o fato biológico “vida”. Consideraremos “fato” na perspectiva piagetiana:

“Um observável, por mais elementar que seja, já supõe mais do que um simples registro perceptivo. Uma vez que a percepção está subordinada aos esquemas de ação e esses, na medida que envolvem uma logicização, por colocar em jogo o estabelecimento de relações, implicações, etc. constituem então o marco de todo observável, este é, por consequência, desde o início, o produto da união entre um conteúdo dado pelo objeto e uma forma exigida pelo sujeito a título de instrumento necessário a toda verificação. Portanto, um fato sempre é o produto da composição de uma parte fornecida pelos objetos e de uma outra construída pelo sujeito.” (PIAGET e GARCIA, 1984: 24, grifo nosso.)

O que faremos, então, é a seleção de alguns momentos, de algumas versões dessa história, na tentativa de expor a dinâmica da elaboração da idéia de vida como fato biológico e a riqueza desse conceito ausente, de modo geral, até agora, das discussões da sala de aula, dos textos didáticos.

A história das idéias sobre a natureza da vida apresenta estreitas relações com as origens e a evolução do pensamento biológico, tanto do ponto de vista individual como social. É tão antiga, talvez, quanto a própria humanidade. Um dos vestígios de humanidade que os arqueólogos procuram para identificar nossos antepassados é o costume de enterrar os mortos. Esse costume poderia sugerir a consciência da perda, uma atitude mística ou a busca de um sentido para a morte por um sujeito intencional e, por inferência, a produção de explicações para a vida.

⁷ No sentido de seleção de eventos a serem narrados por um sujeito dentro de um marco epistêmico, com visões mais internalistas ou externalistas ao campo tratado, mas sempre entendidas como uma descrição ou narrativa do ponto de vista de um autor inserido num contexto histórico e social que deve ser considerado e não a pretensão da descrição da realidade passada tal como ela foi.

A pergunta: "o que é a vida?" abrange muitos significados além daqueles tratados pelo conhecimento científico. Se bem que experienciada intimamente por cada um de nós, a noção de vida jamais foi definida claramente, nem no domínio filosófico nem no da história das ciências.

Segundo BRUMBY (1982:613), nunca houve uma definição única para o conceito de vida, e as sete características "tradicionais" usadas para distinguir os organismos vivos, (o crescimento, a reprodução, a respiração, a nutrição, a excreção, a irritabilidade e a locomoção), favorecem claramente o reino animal, em um nível multicelular complexo. A bioquímica acrescentaria a essa lista a constituição orgânica, a presença de ácidos nucleicos e o metabolismo.

Mas nenhuma dessas características é crítica: nem todo organismo vivo as exibe e mesmo seres inanimados podem apresentar algumas delas. Então, como pode ser que "quase todos", e não simplesmente "todos" os seres vivos compartilhem características que limitam a natureza básica dos seres vivos? E como pode uma lista de características tais que apenas "aproximadamente todos" os seres vivos as possuam e que alguns seres inanimados também possuam, ser uma lista de características que delimita a natureza básica dos seres vivos? (MATTHEWS, 1996: 303).

Penso que as fronteiras que estabelecemos entre o vivo e o inanimado parecem dizer-nos mais sobre nossas construções mentais do que sobre a ruptura natural entre esses dois mundos...

Pergunto: um conceito não definido, ou mal definido, teria existência, e até mesmo uma história? Segundo PICHOT (1993: 8-9), dois tipos de grandes concepções de vida, dois tipos de biologia, que ele chama de aristotélica e cartesiana, poderiam ser consideradas, na expressão de Kuhn, "quadros paradigmáticos", podendo compreender todas as outras. Isso não quer dizer que todas as outras concepções de vida originam-se dessas, e não se trata de tomá-las linearmente, mas como modelos. Isso significa que podemos encontrar concepções "cartesianas" antes de Descartes ou mesmo de Aristóteles e concepções "aristotélicas" muito depois de Descartes, até mesmo nos dias atuais.

O modelo aristotélico está em conformidade com observações e experiências correntes, mas compreende uma entidade que a ciência moderna recusa como objeto de estudo: a alma. O cartesiano está mais de acordo com a ciência contemporânea e também com a biologia de laboratório, mas corresponde mal à experiência cotidiana que temos dos seres vivos. Enfim, ambos acabam por negar a especificidade do conceito vida. Para Descartes não há lugar para a vida, nem no domínio mecânico (*res extensa*), nem no

domínio pensante (*res cogitans*), e a Biologia não se diferencia do modelo físico mecanicista no qual ela é concebida. Em Aristóteles, ao contrário, é a física que é concebida como uma biologia, e a natureza é toda ela *quasi* viva.

Para PICHOT (1993:940), a questão: “existe uma especificidade do ser vivo que não seja de caráter físico-químico nem de natureza sobrenatural?” continua em aberto até os dias atuais. A biologia moderna, muito fundamentada no modelo mecanicista, não chegou jamais a integrar a noção de vida em seu trabalho propriamente dito. Ao nivelar e unificar o universo pela físico-química, (sem com isso desmerecer o interesse pela bioquímica) sofre mesmo de uma perversão singular que consiste em fazê-la ter como objetivo a negação de seu próprio objeto de estudo – a vida e, por consequência, dela mesma como ciência autônoma.

4. 3.1. O MODELO ARISTOTÉLICO

Embora o nome Biologia seja do início do séc. XIX, proposto por Lamarck, na França, e Treviranus, na Alemanha (CANGUILHEM, 1977:108), podemos dizer que Aristóteles foi um dos fundadores desse conhecimento. Para entender sobre o que ele considerava “vivo”, precisamos entender um pouco sobre o que ele pensava a respeito do movimento.

Para Aristóteles, movimento tinha um sentido muito mais amplo do que para nós. Era entendido não apenas como deslocamento mas também como transformação, como qualquer mudança, e haveria tantos tipos de movimento quanto seres, pois não haveria movimento fora das coisas, o movimento no vazio era impossível (PIAGET, 1984:38). Aristóteles supunha o universo único, finito e eterno, onde conjuntos de corpos celestes estavam dispostos em esferas, concêntricas em relação à Terra, cada qual com seu próprio movimento. O movimento nessas esferas era circular e perfeito⁸, o que permitia pensar um universo ao mesmo tempo finito e eterno, pois o movimento circular era considerado o único que não tem começo, meio ou fim, percorrendo sempre o mesmo caminho. Esses movimentos e esferas não podiam ser mudados, já que o universo seria composto de uma

⁸ Partindo do pressuposto que o círculo é perfeito e a linha reta imperfeita, Aristóteles considera que todo tipo de movimento (que nós chamamos deslocamento) é basicamente um movimento retilíneo ou circular e, portanto, o movimento circular era o movimento perfeito próprio dos corpos do mundo supralunar, ao passo que o movimento dos corpos no mundo infralunar era retilíneo.

substância invisível e indestrutível, o éter. No limite externo desse universo, estava a esfera de estrelas fixas. No centro, o mundo sublunar, com a Terra e todos os seres que, nesse caso, não seriam compostos de éter, mas de quatro elementos básicos: terra, fogo, ar e água. O céu era íntegro e imutável ao passo que, na Terra, decadência e mudança eram cenas da vida diária.

Qualquer que fosse o tipo de movimento, por exemplo, o movimento celeste, os vitais e os naturais, cada um deles seria movido por motores diferentes, mas que tinham em comum a característica de serem, eles mesmos, imóveis. A Terra e o universo, como um todo, eram imóveis, mas todos os seres e fenômenos terrestres estavam constantemente movimentando-se (transformando-se) porque os elementos que os compunham, diferentemente do éter, transformavam-se uns nos outros de maneira circular: o fogo em ar, este em água, esta em terra e esta última novamente em fogo. Os movimentos podiam ser causados por forças externas ao corpo, pela vontade das coisas vivas ou ocorrer segundo uma tendência “natural” dos corpos para atingir os lugares para os quais tendiam e onde atingiam o repouso. A determinação do sentido dos movimentos (deslocamentos) retilíneos “naturais” de cada ser terrestre dependia de sua composição. Por exemplo, para baixo, se eram compostos principalmente do elemento terra, (num caso de queda livre) e para cima, se eram compostos de ar e fogo (no caso da fumaça, por exemplo).

Para Aristóteles, *a natureza era um todo vivo*, e, para os alunos do Liceu, “*o que possui alma difere do que não a possui porque o primeiro apresenta vida*” (SMITH, 1975:142). Todo ser vivo era possuidor de uma alma, o “*motor auto-móvil*”, a garantia da realização das funções vitais. Os “biólogos” do Liceu percebiam o mundo vivo categorizado em classes e hierarquizado em graus crescentes de complexidade e superioridade. Nessa hierarquia não havia, entretanto, a possibilidade de evolução no sentido de transformação das espécies e, portanto, o mundo vivo era estratificado em três estratos fundamentais: animais, plantas e homens.

A característica das plantas que indicava a presença de alma, o “*motor auto-móvil*”, era o crescimento, um dos aspectos do amplo conceito de movimento (no sentido de transformação). Segundo Aristóteles, o crescimento determinava a faculdade de autonutrição e a posse dessa capacidade, pelo menos o nível (a ordem) inferior dos seres vivos. Os membros do reino animal acresceram a essa capacidade básica a de sensação. Aristóteles era um conhecedor profundo de zoologia para deixar-se apanhar pela armadilha de supor que a locomoção distinguia os animais das plantas. Conhecia bem,

por exemplo, as esponjas, e reconhecia que, se bem que sedentárias, estas criaturas eram animais. Eram animais porque tinham sensibilidade. Finalmente, acrescenta, certos seres vivos, uma pequena minoria, possuem cálculo e pensamentos e esse nível inclui o homem e possivelmente uma outra ordem superior a ele. Essa forma superior de vida, o ser humano, possui três faculdades de alma: vegetativa, animal (sensitiva, e seus efeitos secundários, o desiderativo e o locomotor) e racional (pensante).

A importância do sangue e do calor é percebida na sua classificação dos animais, onde os de sangue vermelho são considerados mais perfeitos que os sem sangue vermelho e, dentre os primeiros, os de sangue quente mais que os de sangue frio. Entretanto, compreendia de modo muito diferente do atual como os animais funcionam, pois atribuía ao cérebro o papel de impedir o coração (a sede da percepção) de sobreaquecer-se. Chamo atenção para o uso feito, até hoje, do adjetivo "fria" para designar uma pessoa ou atitude que consideramos mais racional. Aristóteles julgava que as artérias contêm ar e sangue (as artérias permanecem vazias nos cadáveres, ao contrário das veias). Os pulmões seriam, para ele, como foles que mantêm o fogo vital, tal como o ar fresco projetado pelo fole atiza as brasas (BRUN, 1994:263). Aristóteles retira da idéia de respiração, entendida como ventilação, toda relação possível com as sensações e a alma para colocá-la no papel de refrescar o calor interno. Por isso, para ele, insetos, vermes e peixes não respirariam, pois não teriam necessidade de respirar: seu corpo não seria suficientemente quente para tal (GIORDAN, 1987:39).

A alma era também forma, no sentido da essência, que é a forma potencial de uma matéria que tende a realizar-se. Para CANGUILHEM (1977:110), a alma, segundo Aristóteles, é "*ato, forma e fim.*" (no sentido de propósito). Era a alma, a forma, que dava vida aos corpos, matéria que necessitava dessa forma para tornar-se ato. Mas não era possível pensar forma destituída de matéria ou vice-versa e desse modo o corpo não seria uma "prisão da alma", que não tinha a característica da transmigração.

Mas o processo teleológico da vida, imanente, sem premeditação, sem deliberação, não seria absolutamente eficaz e infalível. A existência de monstros atestaria que há erros na natureza, explicáveis pela resistência da matéria à informação pela forma. A forma ou o fim não são necessária e universalmente exemplares, há margem para a imperfeição. A forma de um organismo exprime-se numa constância aproximada, que é o que se verifica na maior parte dos casos. Esse estado de coisas caracteriza o mundo sublunar, onde não pode falar-se de "necessidade perfeita", mas apenas "daquilo que acontece mais vezes" (BRUN, 1994:265).

No modelo aristotélico, corpo e alma são indissociáveis e a alma, objeto de estudo da física, seria mais “naturalizada” do que, por exemplo, nas concepções que a consideram sobrenatural (ANDERY, 1996:87). Por isso considero que a noção aristotélica de alma, do ponto de vista científico, ultrapassa a noção sobrenatural, precedente.

Nesse ponto, procurarei explicar a noção mágica, mítica, mística, de alma como alento vital ou centelha interior, que considero precedente, portanto ultrapassada e integrada pela noção aristotélica, mais “empírica”, de alma como um poder físico, um motor interno.

Aristóteles não começou do nada: utilizou amplamente o conhecimento biológico que lhe chegou de tradições mais antigas, mesopotâmicas e egípcias e, mais diretamente, das chamadas pré-socráticas. Na antiguidade, na Mesopotâmia e Egito, esse conhecimento estava estreitamente ligado à medicina, à agricultura e à criação de animais, mas também à magia e ao mito. Entre os gregos, fazia parte da filosofia geral, mais especialmente da física (etimologicamente, ciência da natureza).

Quais as crenças essenciais da magia, tal como encontrada nos povos mais antigos e como ainda persiste em algumas culturas? A magia exprime uma visão anímica da natureza. O universo, inclusive o ser humano, é carregado de propósitos e significados; seus processos são integrados por simpatias naturais entre as partes; é um mundo mais de relacionamentos do que de objetos independentes, dominado por espíritos e forças anímicas.

Segundo James Frazer, citado por SMITH (1977:38), duas leis, de modo geral, servem a esse modo de pensar: a lei de semelhança e a lei de contágio. De acordo com a primeira, um efeito sempre se parece a sua causa e, de acordo com a segunda, as coisas, uma vez tendo estado em contato, continuam exercendo influência umas sobre as outras durante muito tempo. A noção de simpatia e de conexão entre as coisas não é exclusiva de culturas mais antigas. Até os fins do século XVIII, os fisiólogos continuavam explicando o corpo em termos da “simpatia” entre suas partes e ainda hoje falamos de sistema nervoso simpático e parassimpático, de gânglios simpáticos, de drogas simpático-miméticas, etc.

Na obra Totem e Tabu, FREUD (1974: 97-123) escreve: ... *“o princípio que dirige a magia, a técnica da modalidade animista de pensamento, é o princípio da ‘onipotência de pensamentos’”* . Para ele, no pensamento mágico, ocorre a supervalorização dos atos psíquicos, o que sugere desconhecimento entre o objetivo e o

subjetivo, o eu e o não-eu. Para o mago, ter o controle sobre as idéias das coisas pode ser o mesmo que exercer um controle correspondente sobre as coisas.

... *“tudo o que for feito às idéias das coisas inevitavelmente acontecerá também com as coisas. As relações mantidas entre as idéias de coisas manter-se-ão também igualmente entre as próprias coisas.”* *“Um dos procedimentos mágicos mais difundidos para prejudicar um inimigo é fazer uma efígie dele com qualquer material adequado. Que a efígie se lhe assemelhe tem pouca importância: qualquer objeto pode ser transformado em uma efígie sua. O que se fizer então à efígie acontecerá também ao original detestado”*.

Nessa visão, o mundo é assimilado ao organismo vivo, numa analogia entre o micro e o macrocosmo, e a interação entre suas partes é comparável à que ocorre nas partes interdependentes de um corpo vivo. Mesmo hoje em dia, é comum nos depararmos com a pergunta, normalmente a respeito de um parasita ou praga: *“mas para que serve isso?”*, como se cada parte da natureza tivesse uma função que contribuísse para seu bem-estar geral.

O papel preponderante do sangue, do calor e do ar nas explicações sobre a vida foi uma constante na antigüidade. Os egípcios eram um povo que acreditava em vida material após a morte e tinham considerável conhecimento de anatomia devido às práticas de embalsamamento, embora pareça que esse conhecimento não tenha estimulado, por si, investigações sobre o funcionamento do corpo. Segundo PICHOT(1993:12), o papiro Ebers descreve o corpo humano sulcado por uma rede de vasos onde circulam diversas substâncias (sangue, ar, urina, esperma, alimento, etc.), mas também “sopros” relacionados à sorte lançada por mágicos, espectros e demônios. Por esses tubos, o coração dirige os demais órgãos e tem um papel preponderante. O “sopro” da vida entraria no corpo pela orelha direita, e o da morte, pela esquerda (RONAN,1994:29).

Entre os mesopotâmios, que também empregavam a magia e a adivinhação (no sentido de forma de comunicação com os deuses), havia vários métodos de adivinhação. Um deles era baseado na observação de fígado de animais. Para os babilônios, que talvez reconhecessem a importância do sangue para a manutenção da vida, a observação do fígado nessas adivinhações pode ter levado à conclusão de que ele é o órgão “que contém mais sangue” e, para eles, esse órgão era sede das emoções e da própria vida. O coração era considerado a sede do intelecto, ponto de vista compartilhado pelos hebreus (RONAN, 1994:37).

A maior parte dos pré-socráticos relacionavam vida à posse de uma alma, no sentido de entidade que anima. Essa alma é, às vezes, substanciada de “elemento” ar (assimilada ao sopro vital) ou de “elemento” fogo (considerado como centelha de vida, ou como agente atuando em um paciente, que era frequentemente de “elemento” terra). Anaxímanes (SMITH,1977:65) afirma que o princípio vital que anima os corpos vivos é idêntico ao que domina o mundo inteiro: igual à nossa alma, que é ar, nos mantém em pé e nos controla, assim o vento e o ar controlam o mundo inteiro. Usa a palavra “pneuma” e esta, além de denotar ar, indica também alento. Não é apenas ele que formula essa correlação.

Idéias sobre o alento da vida são comuns em toda a antigüidade e sobrevivem até os dias atuais: não continuamos a usar a mesma palavra, “expirar”, para morte e a exalação do ar? Também não é difícil imaginarmos a “perda dos sentidos” e a perda de respiração como sinais de falta de vitalidade e morte. O termo malária (mau ar) vem da crença na transmissão dessa doença por ar inadequado. Por muito tempo foi costume combatê-la queimando-se tochas para eliminar os “maus espíritos”.



FIGURA 1 Gravura alemã de 1508: o sopro vital é arrancado de um defunto.

Fonte: GIORDAN, A (dir.): *Histoire de la Biologie*. Tome 1. 2^{ème} tirage revu, Paris: Technique & Documentation - Lavoisier, 1989. P 34.

Tales de Mileto já afirmava que “as pedras imantadas possuem vida, ou alma, porque são capazes de mover o ferro” (SMITH,1977:60) e essa idéia será de muita importância no pensamento aristotélico.

No modelo aristotélico, vida é *anima*. Alma é essência, forma, no sentido do motor interno em potência que inicia o movimento próprio (a causa) da vida. Deus é *anima* do universo, o “primeiro motor”. O cosmo é ordenado, cada coisa tem seu lugar natural para onde tende a se mover. O mundo é vivo; a natureza é perfeita e teleológica, “nada faz em vão”.

Os seres vivos terrestres se distinguem pelos tipos de alma que possuem e por uma posição em uma escala de *hierarquia progressiva dos inferiores aos superiores, de categorias inclusivas da extensão desse motor ou poder*. A alma vegetativa é, portanto, a mais primitiva e amplamente distribuída. Quem tem alma sensitiva tem alma vegetativa e quem tem alma intelectiva, tem também as outras duas.

A alma põe a matéria em forma, é inseparável do corpo assim como a essência da substância. Ser vivo é possuir alma, um motor interno, um poder físico e, portanto, apresentar pelo menos alguma das manifestações da alma: movimento próprio (no sentido de deslocamento e de transformação, de crescimento com relação à nutrição, envelhecimento, deterioração, reprodução ou gênese); sensação ou percepção (animais); desejo (no sentido de apetite e de vontade) e *pensamento* (os humanos e seres imortais que, nesse caso, não possuem as outras manifestações de alma).

Assim, nesse modelo, existem organismos que tendem naturalmente a preservar sua forma, pelo exercício de funções identificáveis. Para um tipo de organismo ser categorizado como vivo basta possuir *pelo menos uma* das faculdades da alma. Para um dado indivíduo pertencer à categoria de ser vivo basta ser um desses tipos naturalmente tendentes a preservar seu tipo. E estar vivo é ser capaz de realizar uma ou mais das funções físicas ou vitais típicas da sua espécie ou classe. (MATTHEWS, in BODEN, 1996: 312).

Penso que o problema do modelo aristotélico não é a falta de lógica, tão impecável que resistiu milênios, nem a falta de evidências empíricas, mas as premissas metafísicas. Aristóteles pensou nas origens da alma e, segundo a premissa puramente racional de que o perfeito vem antes do imperfeito, no caso da espécie humana, para ele a alma vinha do sêmen masculino, uma vez que o homem era considerado mais perfeito que a mulher. No caso do universo, ela era Deus e sempre haveria existido, eterna e imutável, portanto, impossível de submeter-se a um processo de formação. O esforço na direção de uma explicação mais científica (não por isso mais verdadeira) para a vida requer uma explicação menos teológica e mais materialista, o que é alcançado no modelo cartesiano.

Suponho que um problema em aprender novas idéias, tanto nos alunos quanto para qualquer um de nós está aí, em localizar quais premissas são intocáveis, aquelas das quais não se abre mão. E as razões pelas quais não se abre mão de premissas, ultrapassam o campo do conhecimento científico. Mas nem por isso precisamos abrir mão de reconhecer que toda resposta parte de uma explicação implícita. Quando o professor pergunta e o aluno responde, sem ocasião de colocar outras perguntas próprias, fica impossível compreender o papel da explicação e seus limites.

1.3.2: O MODELO CARTESIANO

Agora procuro mostrar as noções do modelo aristotélico que serão ultrapassadas e integradas: a idéia de um motor interno, que deixa de ser a alma e passa a ser um fogo que queima no coração; Deus não é mais o primeiro motor intervindo constantemente, mas apenas o motor inicial do primeiro impulso dado ao mundo que passa, desde então, a funcionar mecanicamente, sem finalidade; a unidade forma (alma) /matéria (substância, corpo) passa a ser vista como a dualidade alma/corpo, matéria/pensamento, o que cria uma ruptura entre humanos e outros seres não-vivos, uma vez que não-possuidores de alma.

No modelo cartesiano, a alma racional não é considerada objeto de estudo da fisiologia. Serão estabelecidas fortes analogias entre o funcionamento do corpo humano e o de uma máquina, com base numa mecânica fundada no princípio da inércia, numa concepção não-finalista. Na manutenção da vida pelo corpo, há um papel preponderante para o sangue e seus “espíritos”. Espíritos, nesse modelo, significam pequenas partículas corpóreas que se movimentam rapidamente (gás é um termo de 1684), agitadas pelo calor do fogo que queima continuamente no coração. Esse fogo é da mesma natureza que a de todos os fogos que estão nos corpos inanimados.

O desaparecimento da noção aristotélica de alma do pensamento biológico não foi fácil nem repentino. Já nos referimos anteriormente a Khun que, em sua análise do que sejam paradigmas científicos, afirma que o progresso científico consiste na demonstração de que um paradigma, quando é mais bem sucedido na explicação de problemas críticos, começa a ter mais êxito que seus competidores e, ao final de um processo, articula um amplo campo de observações em uma estrutura lógica mais consistente. Se ele será

socialmente aceito, é questão abordada por outros autores, sujeita a variáveis extrínsecas ao campo da ciência.

O modelo predominante de explicação do mundo como um organismo, ao sabor da filosofia de Aristóteles, onde a transformação da matéria era vista como se ocorresse dentro de um organismo mundial, com metabolismo e desenvolvimento próprios, e tão diferente do que hoje consideramos adequado para o tratamento da matéria que chamamos de inorgânica, foi ultrapassado por outro modelo, conhecido por "mecanicista" e freqüentemente referenciado à figura de Galileu. Mas esse processo teve larga gestação na Europa medieval.

Segundo SMITH (1977:186), nas civilizações clássicas, o termo *mechane* referia-se a qualquer desenho que interpusesse determinado número de peças móveis entre a força motriz e a parte operativa. Nesses tempos, a força motriz era a musculatura de animais ou pessoas e, desse modo, não surpreende a identificação clássica entre princípios motores e almas vivas. Entretanto, mesmo em um período não-propício a ações inovadoras fora desse modo de pensar, quaisquer que fossem as coações psicológicas, sociológicas (artesãos e mecânicos não tinham acesso ao latim e às discussões acadêmicas dos escolásticos), ou religiosas (a tradição cristã condenou o pensamento aristotélico até sua versão tomista), ainda assim, ao longo da época medieval, ocorreu um lento, mas estável, progresso tecnológico e prático entre artesãos e camponeses.

Apesar do rígido conservadorismo da tradição oral através de gerações entre os artesãos, houve progressos fantásticos, em termos de engenharia, na direção de um maior controle e capacidade manipulativa do meio. Ocorreu inclusive o desenvolvimento da metalurgia, que proporcionou grande impulso à tecnologia militar e novo interesse pelo conhecimento da balística.

Quando as pessoas começaram de novo a tomar a sério o pensamento de Aristóteles, incorporado pela fé religiosa da cristandade, e a comparar com o que seus próprios sentidos percebiam, surgiram sérias dificuldades, cuja análise possibilitou novas explicações e a revolução científica do século XVII. Assim, paradoxalmente, foram as idéias do mais empírico dos grandes filósofos clássicos que a ciência moderna teve de combater. Tomarei como referência apenas um fio dessa intrincada meada, o do papel do sangue e o modelo de circulação proposto por Harvey, a título de exemplo da ultrapassagem de uma idéia.

A William Harvey costuma-se creditar a instauração da fisiologia moderna, honra disputada com Descartes, numa época em que a anatomia humana florescia desde o

século XIV, com estudos acadêmicos e a dissecação de cadáveres humanos. Harvey era mais especialista e menos metafísico e generalista que Descartes. A visão de Descartes é considerada fundamentalmente “teórica” e o senso comum atribui a Harvey a instauração da moderna fisiologia, mas é preciso notar que ele estava completamente imbuído do pensamento aristotélico. Seu feito crucial refere-se à explicação da circulação do sangue por um modelo hidráulico, que combinava extensa experimentação, em diferentes animais, com notável quantificação.

Alguns de seus predecessores estavam próximos disso, mas, um deles, Miguel Servet, denunciado por Calvino, foi queimado na Inquisição, além da maioria das cópias do livro de sua autoria que continha um informe sobre circulação pulmonar. (RONAN,1990:28). Vesalio, grande anatomista italiano do século XVI, supunha, como Galeno (século II), a importância do coração na produção do espírito vital, embora se referisse, contrariamente a Galeno, à impermeabilidade do septo ventricular cardíaco. Ele escreve, em relação à dissecação do coração:

“...encontrarás grande quantidade de censores de nossa santa e verdadeira religião. Se ouvem alguém murmurar qualquer coisa sobre as opiniões de Platão, Aristóteles ou Galeno referentes à alma, inclusive no transcorrer de uma anatomia onde esses assuntos devem ser estudados, imediatamente suspeitam de sua fé e consideram que duvida da imortalidade da alma.”

Foi o modelo de circulação proposto por Harvey, que vivia mais de meio século depois, na Inglaterra da Guerra Civil, que tornou-se indiscutível. Ele estava convencido de que o conhecimento exaustivo do sistema circulatório poderia responder à questão “o que é a vida” e não se interessava muito pelas discussões a respeito de espíritos e almas.

A visão de Harvey era mais materialista, ainda que no sentido aristotélico, onde a matéria está dotada de “uma força viva”, e ele se preocupa menos com a busca da essência e da perfeição do que com os dados que obtém por sua percepção. Segundo SMITH (1977:217), Harvey afirma que, com respeito aos “espíritos”, há muitas opiniões contraditórias sobre a sua consistência, se são algo distinto ou não do sangue e outras partes do corpo, separados ou misturados a eles, o que resulta que esses “espíritos”, com tantas dúvidas sobre sua natureza, sirvam de subterfúgio à ignorância. “Sem dúvida, nunca encontrei coisa semelhante nas veias, nas artérias, nos nervos ou em outras partes de nenhum corpo vivo.” Para ele, “sangue e espírito significam uma única e mesma

coisa, como um vinho e seu aroma. E da mesma forma que um vinho que perdeu seu aroma transforma-se num fluido avinagrado, o sangue sem espírito passa a ser um inequívoco coágulo.” Ao final de sua vida, escreve que: *“o sangue não parece diferir em nenhum aspecto da alma ou da própria vida e, em todo acontecimento, deve ser considerado como a substância cujo ato é a alma ou a vida.”*

Harvey questionou qual poderia ser a quantidade de sangue que se transmite num corpo, em quanto tempo poderia realizar-se isso e como. A resposta vinha de vivisseções de diversos animais: em todos os casos, no correr de meia hora, passa uma quantidade de sangue pelo coração maior do que a que contém todo o corpo. Harvey examinava corações de porcos e cães dissecados, pouco antes de sua morte, quando os movimentos cardíacos são mais lentos, separados por fases de repouso mais prolongadas. Descreveu, com precisão, a circulação sangüínea dentro do coração, os movimentos cardíacos e as relações entre ambos.

Por isso ultrapassou o modelo galênico que, embora considerasse a existência de sangue nas artérias, não considerava a idéia da circulação do sangue, subestimava a quantidade de sangue que sai do coração, e interpretava o fluxo sangüíneo das veias pulmonares minguando e fluindo como um movimento de maré, independente do coração. Para Galeno, o coração era um local onde o sangue se misturava com o pneuma, um certo princípio vital que os pulmões absorviam do ar, trazido pelas veias pulmonares, e produzia um complexo sutil, espirituoso, formado de espíritos vitais.

Um marco fundamental do trabalho de Harvey foi a consideração da função das válvulas venosas, que já tinham sido descritas por seu professor de Pádua, Fabrício, e no que talvez tenha sido ajudado pelo desenvolvimento contemporâneo da tecnologia de bombeamento. A compreensão de que essas válvulas impediam o refluxo do sangue no interior das veias abriu caminho para a compreensão da circulação sangüínea, dentro do modelo aristotélico. A idéia do movimento circular como movimento perfeito estava bastante arraigada no seu pensamento. Pensava que uma causa tão providente (previsora) como a natureza não teria colocado tantas válvulas em vão e, além disso, *ele tendia a experimentar o poder de analogias entre o microcosmo e o mundo supralunar*. Escreve, em *De Mottu*, citado por SMITH (1977:218): *“Em conseqüência, o coração é o princípio da vida; o sol do microcosmo; enquanto o Sol, por sua parte, poderia ser designado o coração do mundo.”* Assim ele propõe que, da mesma forma que o movimento circular do firmamento mantém o mundo unido, o movimento circular do sangue mantém a unidade do corpo.

De certa forma, o novo conhecimento biológico do século XVII surgiu ao escapar do labirinto em que estava presa a polêmica escolástica acadêmica, como um retorno ao interesse pelos problemas desse discurso e à recuperação da velha tradição de “perceber os dados”. Mas a revolução da física não havia ainda aberto caminho no conhecimento biológico, o que aconteceria com o pensamento de Descartes (1596-1650), na primeira metade do séc. XVII.

A visão aristotélica de mundo – um universo finito, finalista, hierarquizado, em que cada coisa tem sua função e seu lugar, e onde a Terra é o centro – numa visão de natureza que é contemplativa e não intervencionista – é destruída na visão de mundo cartesiana, que põe em seu lugar uma matéria sem fim nem limites, onde a Terra já não está no centro do mundo e não há mesmo nem “centro” e nem “mundo”. O universo não está ordenado para o ser humano, nem está sequer “ordenado”. Não é aquilo que nossos sentidos enganadores nos mostram. Mas é possível encontrar explicações sobre o mundo, após reflexões cuidadosas, submetidas a dúvidas e testadas experimentalmente para verificar qual delas representa melhor a natureza. A certeza passa a estar na consciência, no produto da criação da razão humana.

Descartes, com base na premissa de que o menor não pode ser a causa de ou a origem do maior, supõe que ele mesmo, uma criatura finita, não poderia ter a idéia do infinito se ela não fosse implantada nele por Deus e ele a coloca como a marca do Criador na criatura. E derivando a certeza da existência de Deus a partir de sua própria consciência, ele passa a derivar a existência do mundo natural a partir da certeza da existência de Deus. A estratégia básica é um criticismo cuidadoso para chegar a proposições indubitáveis a partir das quais o conhecimento poderia ser construído. Num certo sentido, o ser humano e o mundo foram feitos um para o outro, por Deus. A essência do ser humano, a substância intelectual e imaterial, não é parte do mundo natural, nem está submetida a leis físicas, mas está ajustada a ele (MAGEE, 1987:82; 90-91).

O eu subjetivo passa a ser puro pensamento, o corpo humano torna-se parte do mundo objetivo. A alma perde a dimensão natural, torna-se distinta do corpo, e esse, então, passível de investigação pela física, de ser tratado pela geometria e ciências matemáticas. O corpo humano identifica-se com os demais corpos do universo: é extenso (tem largura, comprimento e profundidade), movimenta-se e pode ser explicado mecanicamente. Já a alma ou espírito é a essência do ser humano mas, diferentemente

dos outros corpos, é inextensa e indivisível. Inicia-se a superação de idéias tradicionais sobre o lugar do ser humano na natureza por um mecanicismo universal.

Apenas uma alma será reconhecida: a alma pensante, possuída somente pelo ser humano, com sede no cérebro. A única ação que ela pode exercer sobre o corpo diz respeito aos movimentos voluntários (o que, de certa forma, provém da alma sensitiva-motora aristotélica). As almas sensitiva e vegetativa aristotélicas são negadas e tudo que depende da alma vegetativa é relacionado ao jogo mecânico das partículas que se aquecem pelo calor. A vida (vegetativa do ponto de vista aristotélico) é naturalizada, destituída do animismo, e pode ser submetida à física, amplamente mecanizada. O pensamento é entendido englobando não só compreensão, mas também volição, imaginação e sensação (SMITH,1977:223). Entretanto, não é produzido pela “mecânica cerebral”: ele emerge da alma e não de leis deterministas mecânicas.

Por meio de um “experimento mental”, Descartes sugere que as idéias aristotélicas podiam ser demolidas pela constatação de um nervo conectando o coração e o cérebro: cortando-se esse nervo, certamente não sentiremos nada no coração. Sua dicotomia permite-lhe afirmar que *“as paixões pertencem à alma, as ações ao corpo; os movimentos somente ao corpo e toda forma de pensamento somente à alma.”* Se o movimento e ação pertencem ao corpo e não requerem necessariamente a intervenção da alma, segue-se que as atividades do corpo podem ser tratadas como as atividades de uma intrincada maquinaria (SMITH,1977:226).

A biologia cartesiana ignora os vegetais e não se interessa pelos animais, reduzida praticamente ao ser humano. O corpo do ser humano é estudado de maneira independente da alma, imaginado como uma máquina, um autômato, particularmente um tipo de relógio de desenho sofisticado ou outro mecanismo semelhante, um moinho ou as engenhosas máquinas que se encontram nos jardins reais, algumas das quais tocam música ou emitem palavras...

Para Descartes, o ser vivo não passa de um autômato mecânico, cujo motor consiste de um calor, “um fogo sem luz”, com sede no coração. Não um calor divino, especial, quase próximo ao dos astros, que seja instrumento da alma como em Aristóteles, mas um calor comum, com agitação de suas partículas. A concepção de autômato como algo que tenha em si o princípio gerador de seu próprio movimento é conservada a partir de autores anteriores, mas, diferentemente de como em Aristóteles, esse princípio não é mais uma alma, mas um calor “comum”.

Nesse aspecto, a biologia de Descartes é uma física (uma mecânica) que nega a noção de vida anterior e inaugura o paradigma que vai dominar toda a ciência moderna, mecanicista e dualista. Convém realçar aqui, que, entretanto, quem diz máquina, se não dito explicitamente, diz finalidade, pois as partes de uma máquina são feitas *para* exercer uma finalidade. Isso significa que uma fisiologia que explica o corpo como uma máquina não é mecanicista *stricto sensu*, pois ela recorre a um certo finalismo e coloca a questão do “grande relojoeiro” em termos da criação da máquina.

Para Descartes, existiam não apenas duas substâncias, a matéria e o pensamento (próprio de uma alma alojada no cérebro), mas dois mundos diferentes, difíceis de se fazer comunicar ou de manter dentro de um certo paralelismo. Só mais tarde será feito um esforço para levar esse dualismo a um monismo, conduzindo o mundo do pensamento a um funcionamento do tipo mecânico (ou ao produto de tal funcionamento). Esse esforço será esboçado desde o século XVIII, é claramente conhecido nos trabalhos de Lamarck no começo do século XIX, e seu resultado tornou-se uma idéia banal entre os neurofisiologistas contemporâneos.

A física de Descartes é fundamentada no princípio da inércia. Segundo PICHOT (1993:389), a idéia de inércia é quase o contrário da idéia de vida como *anima*. Inerte e inanimado são considerados aproximadamente sinônimos entre si quando em oposição a vivo. Mesmo Deus, concebido em Aristóteles como *anima* primeira (posse de criação e de movimento), torna-se em Descartes um puro espírito pensante, que não tem nada da materialidade dos espíritos animais. Durante o século XVIII, o desaparecimento da idéia de vida como *anima* foi bem mais notado do que hoje em dia, pois estamos mais familiarizados com o mecanicismo e o dualismo corpo/alma, matéria/espírito, inerente a ele. Uma das reações será o vitalismo, uma forma de pensar que faz da vida uma espécie de terceira substância, um princípio vital que completa as outras duas.

Tomemos, como exemplo, as idéias cartesianas sobre circulação sangüínea. Embora Descartes considere em detalhe as idéias de Harvey sobre esse assunto, aponta que ele estava errado ao afirmar que as cavidades do coração se endureciam e reduziam durante a sístole. No sistema explicativo cartesiano, essa era, na verdade, uma reação ao aquecimento e conseqüente expansão do sangue dentro dos ventrículos, pressionando-os. Quem observa as contrações do coração de um mamífero sabe da dificuldade de decidir entre as duas explicações. Em parte, Descartes careceu das cuidadosas observações feitas por Harvey, de batimentos cardíacos mais lentos em vertebrados de sangue frio. Por outro lado, ele possuía outra teoria explicativa, considerada por ele crucial: a de que o sangue

sofre uma brusca expansão ao aquecer, ainda que apenas um pouco. Essa idéia ele usava para explicar a distribuição do sangue às diferentes partes do corpo. Uma parte mais viva, mais forte e mais sutil do sangue, mais rala, chega primeiro ao ventrículo esquerdo, de onde vai ao cérebro pelas artérias carótidas. Somente essa parte do sangue passaria através da substância porosa do cérebro e seria destinada não só à nutrição do cérebro, mas também à formação dos “*espíritos animais, uma chama muito viva e muito pura, um vento muito sutil*”. A outra parte, mais pesada e menos enralecida, mais atrasada (no tempo), iria para as demais partes do corpo. A seu ver, como para Vesalius e Harvey, céuticos a respeito desses espíritos, eles não são nada mais do que a parte mais sutil do sangue, um destilado de diminutas partículas contínuas (ele não acreditava no vazio entre partículas) que, precisamente devido ao seu diminuto tamanho, podiam deslocar-se com extrema rapidez, como as partículas da chama emitidas por uma tocha, sendo seu movimento apenas por deslocamento de posição.

Esses “espíritos animais” chegariam ao cérebro por meio dos vasos sangüíneos e daí à glândula pineal e aos ventrículos cerebrais. Os ventrículos cerebrais, que hoje reconhecemos estar preenchidos pelo líquido céfalo-raquidiano, estariam cheios de “espíritos animais”. A função desses espíritos seria a produção do movimento corporal! A explicação cartesiana dos movimentos musculares abriu caminho para a teoria mecânica desses processos, seguida até nossos dias. Ele se dá conta dos movimentos musculares e dos grupos de músculos antagônicos, e pergunta: “- O que faz um músculo contrair-se ?” Então supõe a existência de passagens entre músculos antagônicos que permitiriam o fluxo desses espíritos animais. A presença dos espíritos animais provocaria a expansão de um músculo e a sua passagem para o antagônico, a expansão desse outro. O controle dos músculos esqueléticos, percebido como voluntário, necessitaria um comando: de acordo com a fisiologia cartesiana, esse deveria ser exercido pelo cérebro.

Assim, embora as idéias de Descartes tenham sido logo “descartadas” no seu tempo, (o que é comum em relação a esforços precoces, uma vez que toda novidade traz necessariamente certo grau de estranheza), foi seu enfoque geral que abriu caminho para o modelo mecânico e para o programa de investigação de seus sucessores, ao longo dos três últimos séculos. De certo modo, ele conduziu ao conhecimento atual da neurofisiologia muscular. Podemos dizer, nas palavras de Huxley, citado por SMITH (1977:230), que ele “*dotou a fisiologia do movimento e da sensação com o [o poder de um modelo] que Harvey dotou a fisiologia da circulação*”.

O conceito de vida, de certa forma, perde sentido no pensamento cartesiano. O modelo cartesiano representa, nesse trabalho, uma forma de indagar "como a vida funciona", em que a pergunta "o que é a vida" torna-se inútil para as investigações biológicas.

1.3.3: O DOGMA CENTRAL DA BIOLOGIA: DNA → RNA → PROTEÍNA

Somente depois que as idéias sobre o sangue e a condução do impulso nervoso puderam ultrapassar as explicações baseadas em seus "espíritos" é que se completou a mecanização da fisiologia. O êxito do modelo cartesiano dependeu muito do desenvolvimento do conhecimento da física, e das bases da química moderna, que ele próprio, por sua vez, influenciou. No campo da neurofisiologia, isso só aconteceu depois da conjunção dos interesses dos físicos na investigação do eletromagnetismo com os interesses dos biólogos na ação dos nervos nos músculos. A eletricidade animal pode ter sido o último dos disfarces com que a alma, na concepção grega, vagou pela mente dos biólogos, mas isso nem de longe foi um caminho linear. Por exemplo, para explicar o funcionamento muscular, houve toda uma tradição iatromecânica, baseada em modelos da matemática e geometria, da qual não vamos tratar, e cujas idéias foram abandonadas.

A busca do calor como fonte de vida contribuiu especialmente para estabelecer o modelo cartesiano na biologia. O calor do corpo, assim como a alma, desaparece no momento da morte e qualquer variação de temperatura acompanha (em alguns modelos explicativos, produz) uma variação no bem-estar psíquico.

Até finais do século XVIII, a física ocupou-se em grande parte dos astros, obras como pontes e fortalezas e lançamento de projéteis. Quando começou a ser importante para homens práticos como Watt e Boulton o desenvolvimento de máquinas a vapor comercialmente viáveis, tornou-se fundamental estabelecer as relações entre calor e energia. Uma definição desse termo teria de esperar pelo conceito de calórico de Lavoisier. O calórico, embora pensado como algo tendo existência real e material, foi outro desses "fluidos sutis" pensados nos albores da ciência moderna.

As bases da termodinâmica sucederam-se às investigações empíricas das máquinas que sustentaram a revolução industrial pelos anglo-saxões, enquanto o intelecto francês formalizava os fenômenos sobre os quais se baseava. Resumindo, a idéia de que o calor de um corpo pode ser devido ao movimento de partículas e átomos seus

constituintes tornou-se aceita graças aos esforços de numerosos pesquisadores (Carnot, Benjamin Thompson, Mayer, Joule, Helmholtz, Clausius e William Thompson, para citar alguns). Essa idéia, que aceitamos em essência, na atualidade, derrotou, no campo científico, um dos últimos "fluidos sutis" que restavam. No século XVIII, muitos trabalhos estabeleceram que certos processos essenciais à vida eram praticamente idênticos no mundo animado e inanimado. Mayow e Crawford, por exemplo, indicaram, e os trabalhos de Lavoisier corroboraram, a idéia de que a respiração e a combustão eram processos análogos.

Mas a lacuna entre o vivo e o inanimado preenchida por esta analogia parecia permanecer incompleta para muitos investigadores. A revolução química parecia depender da agudeza da dicotomia entre o vivo e o inanimado, do estabelecimento de um conceito do que é inorgânico. Em contraste com o material ativo e etéreo que os alquimistas conheciam, o químico do século XIX trabalhava sobre algo que, por definição, era inerte e compacto.

A idéia moderna de matéria inorgânica era estranha ao mundo medieval. Por exemplo, os metais eram para Cardano "*simplesmente plantas enterradas, dirigidas a uma existência subterrânea, e as pedras tinham seu desenvolvimento, seu crescimento, sua maturidade.*" Para Pedro, o Bom, "*a geração dos metais poderia durar milhares de anos nas entranhas da Terra com a contribuição do calor do Sol e do centro da Terra*". (SMITH, 1977:177). Recordemos que uma das ambições dos alquimistas era reproduzir essa epigênese geológica no laboratório.

A alquimia cresceu dentro do modelo peripatético, que atribuía grande importância às transformações qualitativas, mas tinha também fortes conexões com o pensamento neoplatônico. Para o alquimista, a matéria não era a substância inerte e inanimada que consideramos atualmente, mas estava, ela mesma, submetida a um processo de transformações qualitativas, em direção, é claro, a uma maior perfeição, e no qual sofria influências dos astros. O objetivo dos alquimistas era conhecer o modo de produzir essa maior perfeição. O ouro, por exemplo, era valorizado por sua consistência e incorruptibilidade. O mundo, portanto, não deixava de ser um organismo vivo, um sistema que mantinha sua coesão em função de inúmeras simpatias. A matéria, como um feto, carregava sua própria embriologia particular, certamente muito mais prolongada.

Após sustentar-se por milênios na teoria dos quatro elementos, as investigações químicas retomam as idéias de partículas cartesianas e a longa jornada do

estabelecimento dos átomos como unidades fundamentais da matéria, de uma lista cada vez mais longa dos elementos químicos, ao longo do século XVIII.

O começo do século XIX estava, portanto, cheio de controvérsias. Muitos investigadores tomavam como erro, uma falta de lógica, tentar explicar o orgânico a partir do inorgânico. Para muitos investigadores da biologia e da química parecia clara a distinção entre a uniformidade que parecia reinar no mundo inorgânico e a variabilidade que caracterizava um corpo vivo. Uma “química do cérebro” parecia então inconcebível! Uma das reações mais fortes à consideração de continuidade entre o mundo vivo e o inanimado foi inspirada no movimento da *Natürphilosophie* de Goethe.

Entretanto, numerosos trabalhos acabaram por corroborar a idéia de que o calor do corpo humano não era diferente do de uma chama. Para Liebig, por exemplo, ainda que ele fosse um vitalista, tratava-se de evidenciar a existência de uma força (*vis vitæ*) dentro dos organismos para explicar como eles resistiam à dissolução, como conservavam sua integridade, uma característica do vivo que para ele era fundamental e irredutível, em um mundo que tendia para desordem. A idéia de Liebig, de certo modo, embora retome a idéia de alma de Aristóteles, pressagia a noção moderna de que o vivo é uma propriedade que emerge em um certo nível de complexidade:

“há no animal e nas sementes uma força notável, fonte de crescimento, ou aumento de massa, e de reprodução...uma força em estado de repouso que entra em atividade, se manifesta em uma série de formas...distintas das geométricas que observamos nos minerais cristalizados ...e inseparável de certa disposição das partículas elementares ...devido à capacidade desigual dos compostos químicos de oferecer resistência à influências perturbadoras externas e que depende da ordem e da disposição das partículas elementares que se tocam entre si.” (SMITH, 1977:272-273, grifo nosso).

A demonstração de que uma mudança de potencial podia ser detectada no funcionamento de um nervo e um músculo, e a medida de velocidade de condução de um impulso nervoso entre 24,6 e 38,4m/s, foram evidências que colocaram os neurofisiólogos dentro de um modelo mecanicista do qual não saíram até hoje.

Assim, por um lado, a química desembaraçou o que é hoje metabolismo fisiológico da idéia de alma vegetativa e, por outro, a física desembaraçou os fenômenos elétricos dos nervos e da atividade muscular da idéia de alma sensitiva. A teoria celular, desde os primórdios de trabalhos com o microscópio do século XVII, encarregou-se de localizar as unidades fundamentais da vida. O estabelecimento da idéia de que uma célula provém de outra célula eliminou especulações a respeito de que a matéria viva teria que se organizar de novo, a cada vez, a partir da matéria informe. Esses aportes foram

fundamentais para a resposta à pergunta: “como pode um mecanismo, um simples conglomerado de partes, resistir à desintegração?”

A idéia da existência, no organismo, de um meio interior permanente e invariável em relação a um meio exterior que pode variar amplamente pode, então, por mecanismos de regulação, explicar a resistência à desintegração e a flexibilidade dos organismos vivos em responder às variações do meio exterior a ele. O organismo é imaginado como miríades de centros vitais banhados nesse meio líquido: o plasma, a linfa ou líquido tissular. O proponente dessa idéia, Claude Bernard, conduziu várias investigações importantes no estabelecimento do papel do sistema nervoso na regulação do meio interno, inclusive na termorregulação. As explicações orgânicas, “holistas”, puderam ser colocadas em termos mecanicistas em vários planos do conhecimento biológico.

As teorias biológicas atuais, dentro de um modelo mecanicista, percebem a vida como organização e como informação, concepções que se sucedem cronologicamente e convivem atualmente, parece, sem grandes rupturas.

Na concepção de que o que caracteriza o ser vivo é sua organização, no sentido de arranjo, distingue-se o inanimado e inorgânico do vivo e orgânico (organizado). Trata-se de explicar o organismo como um conjunto de partes que se interrelacionam, produzindo um todo que é mais do que a simples adição de partes.

Como vimos, no século XVIII, a noção de organização estava relacionada ao desenvolvimento da noção de constituintes da matéria, da composição elementar dos seres vivos e a noção de memória necessária para coordenar a organização das partes originais (um dos berços da genética moderna).

Por um lado, estabelece-se uma descontinuidade entre o mundo vivo e organizado e os corpos “brutos e sem vida”, em termos da sua organização. Segundo Lamarck, citado por ROLLAND (1996): “Podemos dizer que encontra-se entre as matérias brutas e os corpos vivos um hiato imenso que não permite situar esses dois tipos de corpos sobre uma mesma linha, nem de pretender ligá-los por nenhuma nuance”. Lamarck não aceita o vitalismo dominante que impregna a noção de organização no séc. XVIII e XIX e, para ele, a vida não se deve a um princípio vital que estivesse ligado à matéria que constitui os seres vivos, mas, essencialmente, à organização dessa matéria. Ele admite que nenhum tipo e nenhuma partícula de matéria saberia ter em si mesma a propriedade de se mover, nem a de viver, nem a de sentir, nem a de pensar ou ter idéias.

Por outro lado, instaura-se uma continuidade entre o mundo vivo e não-vivo em termos dos princípios, leis e teorias, com a fusão da química orgânica e inorgânica. As

teorias atuais que se fundamentam nessa idéia de organização funcionam num quadro geral mecanicista e não-finalista, que percebe a vida submetida às mesmas leis físico-químicas do não-vivo, com algumas retomadas eventuais de nuances vitalistas ou finalistas. Nessas concepções de vida, o organismo pode ser entendido como um conjunto de partes interdependentes, os órgãos, que funcionam como se soubessem que devem atender a um propósito, o da sobrevivência. O ser vivo organizado tem uma forma própria e uma singularidade. Essa concepção supõe uma organização, um padrão funcional próprio da matéria viva, uma memória dessa organização transmissível às gerações futuras, a existência de unidades elementares e a interdependência entre partes.

Ora, qualquer teoria explicativa sobre a natureza da vida teria de dar conta também do que é específico da organização biológica em termos da sua origem. Duas grandes correntes podem ser identificadas, no pensamento biológico, a esse respeito: o fixismo e o transformismo. Em termos da origem dos indivíduos, essas formas de pensar eram expressas pelas explicações da abiogênese (os seres vivos podem se originar da matéria não-viva) e da biogênese (os seres vivos necessariamente provêm de outros seres vivos). Nesse último caso, as idéias sobre o desenvolvimento embrionário enquadram-se em explicações pré-formacionistas ou epigeneticistas.

A corrente fixista tem em comum a crença em um momento singular de um ato de criação divino, a partir do qual todas os tipos de seres foram criados e, desde então, permaneceram fixos e imutáveis, mesmo que, ao longo da sua existência, alguns tivessem desaparecido. Admite, para depois desse momento, tanto a biogênese como a abiogênese, pelo menos em casos especiais de seres “inferiores” ou “menos perfeitos” ou “mais simples” ou “menos complexos” (inclusive as hipóteses atuais sobre a origem dos primeiros seres vivos na Terra).

Dessa forma, até o século XVIII, a tarefa dos naturalistas era mais a procura da marca de um desenho, um plano original comum, criativo e transcendental, inteligente e intencional, para a natureza e seus seres. Isso acontecia mesmo quando admitiam a geração espontânea e extemporânea, por transformações “naturais” de seres inferiores, como, por exemplo, em Aristóteles, e muito tempo depois, até o século XVII, para animais como larvas de insetos e, no século XIX, ressuscitada com o conhecimento dos micróbios até os experimentos da Pasteur.

A outra corrente, a transformista, tem em comum a crença no fato da transformação das espécies ao longo de sua existência na Terra, ainda que independentemente da explicação de como se tenham originado. Lamarck acreditava no

transformismo das espécies de seres vivos e afirmava que o vivo se caracteriza por seu poder de variação e adaptação. Para ele, novas circunstâncias criam novas necessidades, e a "função faz o órgão".

Atualmente, o transformismo é um fato biológico, uma verdade consensual que paira acima de todas as dúvidas da comunidade científica. Considera a vida e os seres vivos como o produto da evolução de processos naturais determinados historicamente, ainda que atuem, para um observador externo, como se neles houvesse um propósito intrínseco. Mas não existe ainda consenso total sobre quais os mecanismos que explicam como isso acontece (seleção natural, variação de equilíbrio genético das populações, equilíbrio pontuado por eventos externos) e sobre a trajetória desse processo no tempo (gradualismo ou rupturas).

A passagem da idéia de organização à idéia de informação acontece dentro de certa continuidade: a idéia de ordem é, de certa forma, expandida para a idéia de informação. O conceito de energia, de certa forma, substitui o de força vital. Nessa concepção, o ser vivo é percebido como um sistema aberto que faz trocas com o exterior de modo a manter sua organização (e daí a autoconservação), em um baixo nível de entropia. Qualquer sistema vivo possui fronteiras e, sendo dotado de homeostase, mantém-se graças à auto-regulação, que explica sua autonomia relativa do meio.

Em última instância, no nível molecular, a organização desse sistema teria sua base na informação contida nas moléculas de ácido desoxiribonucleico, o DNA. O DNA é um tipo de molécula que traria "em si" uma mensagem codificada, o chamado código genético, capaz de regular o funcionamento do metabolismo por sua ação na síntese de proteínas. Essa idéia está esquematizada no dogma central da biologia molecular atual: DNA → RNA → PROTEÍNA.

Penso ser essa também uma maneira de substancializar a idéia de alma como aquilo que se conserva depois da morte biológica do indivíduo, através de gerações, por ter em si o poder de auto-replicação. Explica, assim, não só a base da regulação de todo o metabolismo vivo como também a transmissão das informações básicas necessárias ao funcionamento das gerações seguintes.

Acompanhando as idéias da termodinâmica, a vida seria um estado altamente improvável. O estado mais provável de todo organismo vivo e para o qual caminhamos inexoravelmente é o da morte, de mais alta entropia, onde a desordem do sistema é máxima.

1.3.4: BIOLOGIA NA FRONTEIRA: AUTOPOESE

Como sabemos que um objeto é um ser vivo? Normalmente, não nos damos conta de que fazemos essa distinção no mundo da representação e da linguagem e, ao fazê-lo, tornamos implícita a operação de distinção que o define e possibilita.

Um biólogo pode dizer a frase: este é um ser vivo fóssil. E ainda outra: esse é um ser vivo fóssil muito parecido com seres vivos atuais. A distinção entre ser e estar aqui é fundamental, e ainda bem que contamos com duas palavras diferentes para dizer essas coisas em nossa língua. Ao fazer isso, o biólogo está classificando, o que implica, ainda que implicitamente, usar pelo menos um predicado (critério) para saber quando uma coisa é um ser vivo e quando não é. Implícita ou explicitamente existirá uma explicação que define o critério e influencia o reconhecimento do predicado.

Ao longo da história da biologia, como vimos, já foram propostos vários critérios para essa classificação, todos com grandes limitações, para estabelecer-se uma fronteira nítida entre essas categorias. Essa dificuldade estende-se também quando consideramos os estados de vivo e morto que podem ser definidos para um ente categorizado como ser vivo. Imagine-se a surpresa do investigador que primeiro mediu o consumo de oxigênio de um fragmento de carne de um defunto e verificou que esse fragmento ainda respirava, quando a respiração já era entendida como um processo que consome oxigênio! Esse conflito perturba uma definição de limites para o estado vivo/morto, traz de volta o problema da parte e do todo, de a vida ser uma questão de tudo ou nada, uma propriedade discreta ou contínua.

Atualmente, MATURANA e VARELA (1984:24) propõem responder à pergunta “_ qual o critério para distinguir um ser vivo?” de modo diferente da lista usual de predicados de que dispomos. Para eles, o que caracteriza um ser vivo é a sua *organização autopoética*. Se não é possível fornecer uma lista de características completa que caracterize um (qualquer) ser vivo, por que não propor um modelo que compreenda o ser vivo como um sistema que, ao operar, gere toda sua fenomenologia? Vejamos o que, para eles, significa isso numa unidade autopoética, por exemplo, uma célula:

A rede de interações moleculares que acontece dentro de uma célula, conhecida por metabolismo, tem uma peculiaridade: produz componentes que integram todos à rede de transformações que os produzem, e alguns dos quais constituem uma membrana, uma

fronteira que podemos perceber, por exemplo, morfológicamente. Mas essa membrana não é um produto do metabolismo, à semelhança de um tecido obtido a partir de um tear mecânico, ou manipulado por um artesão. Isso porque a membrana não só limita a rede de transformações que produziu seus componentes como também participa dela: se não houvesse essa arquitetura, o metabolismo cessaria em um caldo molecular onde seus componentes se difundiriam.

Assim haveria uma situação em que, por um lado, temos uma membrana que é condição da possibilidade do metabolismo que a produziu e, por outro, um metabolismo que produz seus próprios componentes e que é a condição de possibilidade da membrana. Não é possível que exista primeiro a membrana e depois o metabolismo, ou vice-versa, e estaríamos diante de um fenômeno onde a possibilidade de distinguir algo do todo (a membrana, ao microscópio, por exemplo,) depende da integridade dos processos que tornam esse algo possível. Um ser vivo seria assim algo que se faz por seus próprios cordões, o que nos leva a uma condição necessária (embora não suficiente e exclusiva) e misteriosa, própria do ser vivo: sua autonomia (sua capacidade de especificar o que é próprio de si).

MATURANA E VARELA (1984:45) criticam a noção de que os genes constituem a "informação" que especifica o ser vivo, apontando duas razões para o que consideram um erro fundamental:

"Primeiro porque confunde o fenômeno da hereditariedade⁹ com o mecanismo de réplica¹⁰ de certos componentes celulares (os DNA) de grande estabilidade transgeracional. Segundo porque dizer que o DNA contém o necessário para especificar a um ser vivo separa esses componentes (parte da rede autopoética) da sua inter-relação com todo o resto da rede. É essa rede de interações em sua totalidade o que constitui e especifica as características de uma célula em particular, não um de seus componentes. Que modificações do DNA tenham conseqüências drásticas para uma célula é bastante estabelecido, mas é um erro confundir participação essencial com condição suficiente."

Reconheço que os recortes aqui feitos não representam mais do que uma porção mínima da pluralidade de respostas já formuladas para a pergunta "o que é a vida", mas acredito que sejam suficientes para o que queremos demonstrar. Não é possível responder satisfatoriamente a essa questão sem relacionar um conceito de vida a outros, sem

⁹ conservação transgeracional de qualquer aspecto estrutural de uma linhagem de unidades historicamente ligadas.

¹⁰ Produto de um mecanismo que, ao operar, produz repetidas unidades da mesma classe, historicamente independentes umas das outras.

transformá-lo diante de diferentes explicações. E que, diante de explicações diferentes, a vida como fenômeno biológico transforma-se, novos observáveis são constatados pelo sujeito que a interpreta. Compreender as condições e considerar o contexto em que diferentes conceitos de vida foram elaborados é necessário para compreender a natureza e os limites de diferentes formas de conhecer.

2: O ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA

2.1: UM BREVE PANORAMA

Ao final do século XX, época em que a mídia valoriza até a menor inovação tecnológica, em uma sociedade que prestigia a ciência e nela se fundamenta, podemos constatar um consenso quase mundial a respeito da universalidade e obrigatoriedade do ensino de ciências, desde a infância. Embora os aspectos de *o quê, como, e para quê* ensinar ciências, sejam campos de muitos debates, a necessidade de ensinar ciências é óbvia para a maioria das pessoas. Raramente é questionada, dentro e fora do ambiente escolar.

As justificativas mais freqüentes para o ensino compulsório de ciências são que o ensino dessa disciplina relaciona-se diretamente ao desenvolvimento econômico de uma sociedade, além de ser necessário para educar cidadãos mais críticos e participativos, promovendo uma melhor compreensão de ciências e de suas relações com a tecnologia e sociedade para o público em geral. Mas, mesmo raros, os questionamentos sobre o ensino compulsório de ciências merecem atenção pela contribuição que podem prestar ao aperfeiçoamento das justificativas para o ensino de ciências.

Um deles é o de que o mundo adulto não requer conhecimento profundo de ciências, isto é, a maioria de nós sobrevive sem ter aprendido muito sobre isso. Mesmo especialistas em um assunto parecem não considerar seus conhecimentos sobre eles ou preferir razões de outra natureza para orientar suas decisões cotidianas (JENKINS, citado por MILLAR, 1996). Se, por um lado, dispomos de uma tecnologia e uma parafernália de equipamentos cada vez mais complexos, por outro, há um esforço para facilitar o contato com o usuário desses equipamentos no sentido de que não seja necessário que ele entenda muito sobre eles para manuseá-los com eficiência e segurança. A meu ver, essa constatação expõe o caráter mágico da confiança e o caráter heterônomo da dependência desse “mundo adulto” em relação à ciência e tecnologia, cuja natureza torna-se dogmática e cujo *status* torna-se sacramentado.

O outro questionamento, muito importante, é a respeito de o quanto queremos que um cidadão saiba em profundidade sobre determinado assunto, de modo a opinar politicamente, de forma consciente, sobre ele, uma vez que mesmo cientistas de um

determinado campo de conhecimento relutam em apresentar opiniões decisivas quando convocados a manifestar-se sobre um assunto que não é da sua especialidade (MILLAR, 1996). Esse questionamento nos leva a indagar de que forma queremos que o cidadão atue politicamente, de modo consciente, em assuntos que envolvam aspectos científicos.

Entendo que talvez fosse mais adequado colocarmos que o cidadão precisa reconhecer que a ciência não é neutra e tomar conhecimento da existência do debate dentro do próprio meio científico. Em outras palavras, o cidadão precisa reconhecer as possibilidades e limites das explicações científicas, *ter a expectativa de ser informado a respeito delas, de poder compreendê-las, se assim o quiser, esforçar-se o suficiente para fazê-lo*, e sentir-se com direito e com segurança para perguntar e opinar sobre temas científicos, ainda que seja apenas para reconsiderá-los, ou para decidir critérios na escolha de seus representantes legais, com vistas à construção de uma sociedade mais democrática.

Segundo SARAIVA (1991:15), o risco de deixar o conhecimento científico restrito a um número reduzido de pessoas deve ser evitado porque a ciência não é apenas uma fonte de maravilhas nas suas aplicações e isto impõe a necessidade de um controle social para que ela se torne um bem-comum, um instrumento a favor de uma sociedade desenvolvida *mais democrática e participativa* [e aqui a concepção de desenvolvimento é diferente da citada no segundo parágrafo]. A seu ver, a importância do ensino de ciências justifica-se pela relevância social do conhecimento científico e por esse ensino ser condição indispensável para superação do senso comum, desde que assegure os meios de transmissão de conteúdos socialmente relevantes, ao mesmo tempo que propicie as condições de formação dos instrumentos de conhecimento da realidade.

Entretanto, o quadro atual do ensino de ciências, em geral, e biologia, em particular, nas últimas décadas, tem sido fortemente sustentado por referenciais positivistas e empiristas, pela crença no poder da observação direta como meio de obter-se conhecimento. Segundo GIORDAN (1977:12-13), na visão de ciência que se infere desse ensino, considera-se que as teorias científicas são deduzidas dos fatos, ou demonstradas a partir deles. As experiências verificam uma teoria e um só fato que confronte uma teoria é bastante para invalidá-la. A ciência está assentada sobre fatos que são evidentes, que se impõem por si mesmos, por sua própria clareza. Basta ver melhor ou empregar técnicas que permitam ver melhor. A ciência desenvolveu-se pouco a pouco, como um edifício vertical onde cada geração acrescenta alguns tijolos complementares aos conhecimentos anteriormente acumulados pelos antepassados gloriosos e geniais.

Como garantia de verdade, está separada de outros saberes e ideologias e é tida como politicamente neutra e socialmente progressista.

Dessa forma de conceber a ciência e o seu modo de produção decorrem conseqüências no plano pedagógico. Os conteúdos científicos escolares, por exemplo, costumam ser selecionados e organizados respeitando-se critérios considerados neutros e objetivos e apresentados aos alunos numa seqüência tomada como necessária. Tal procedimento, comum no ensino de ciências, resulta do equívoco de supor a existência de uma lógica inerente ao próprio mundo empírico; resulta da confusão entre modelo e realidade. Desse modo, teorias científicas, consideradas como expressões da realidade tal como ela é, são apresentadas como verdades absolutas e inquestionáveis. Omite-se o processo de construção dessas teorias e eliminam-se, em particular, os questionamentos, as controvérsias, as discussões, as pistas “falsas”, os campos de validade, os obstáculos a superar, dentre outros aspectos. Eventualmente, fala-se de sua construção apenas para listar os achados sucessivos de alguns pesquisadores ilustres. Desenvolve-se o mito do descobridor genial, de sorte e solitário, e comemora-se a seqüência de descobertas que adquiriram valor eterno e que progrediram gradual e linearmente. A ciência fica desvinculada das ideologias e do funcionamento das sociedades humanas.

No ensino atual é praticamente inquestionável a necessidade de experimentação para garantir-se a qualidade de um curso de ciências. Essa idéia está afinada com outra, também inquestionável em nossos dias, de que os alunos aprendam melhor com a experiência direta, com a “mão na massa”. SARAIVA (1986,1998) e BECKER (1994) salientam que, em nossas escolas, ainda predomina entre os professores de ciências uma visão empirista que coloca a fonte do conhecimento exteriormente ao indivíduo, nos próprios objetos. Bastaria, assim, que eles fossem observados para que o conhecimento fosse internalizado pelos alunos através dos sentidos. Essa crença carece de questionamento teórico sobre como ocorre a aprendizagem e, também, do papel da teoria e da experimentação na elaboração do conhecimento científico. Assim, a representação presente numa aula expositiva, num texto didático, passa a existir também nas encenações e demonstrações que são feitas em laboratório, como se a simulação de experimentos clássicos por si só validasse as idéias que eles exemplificam e garantisse sua compreensão pelos alunos.

Nesse tipo de ensino experimental faltam fundamentos epistemológicos e psicológicos próprios. Para HODSON (1988), o prestígio elevado que o trabalho prático

alcançou na mitologia da sala de aula que grassa entre os professores baseia-se em suposições que carecem de um mínimo de escrutínio crítico: a de que o papel dos experimentos seja, por um lado, claro e inequívoco e, por outro lado, idêntico na ciência e no ensino de ciências. Outra incoerência grave, apontada por MILLAR(1996) é a ausência, na maioria dos testes de certificação oficiais, da avaliação dos aspectos experimentais do conhecimento de ciências, uma vez que são considerados tão indispensáveis no seu ensino.

MOREIRA e OSTERMANN (1993) afirmam ser bastante comum que o encaminhamento e a exposição de um curso de ciências experimentais sejam apoiados na explicação, demonstração ou repetição do que é entendido como “método científico”. O procedimento científico seria constituído das etapas sucessivas conhecidas por observação, hipótese, experimentação, resultados, interpretação e conclusão. Mas, de acordo com ASTOLFI e DEVELAY (1991:27), investigações sobre os fundamentos dessa metodologia da pesquisa científica mostraram que esse resumo metodológico não passava de uma reconstrução intelectual *a posteriori*, e que esse método não era tão universal como seu autor o considerava. A transposição didática¹¹ desse método para treinar estudantes fundamenta-se, em parte, na crença nessa metodologia como instrumento único e infalível de obtenção do conhecimento científico. Mas métodos científicos são plurais e sua aplicação envolve a inteligência. Qualquer um que queira utilizá-los terá que se esforçar muito. Existem muitas coisas para serem aprendidas sobre como ciência e tecnologia refinaram o pensamento do senso comum pela construção de métodos de observação e classificação, desenvolvendo idéias sobre desempenho de experimentos, e principalmente sobre o papel de teorias e modelos na construção desse conhecimento.

Também é comum excluir-se da avaliação do aprendizado de ciências a avaliação diagnóstica e processual e, com base na crença na possibilidade de transmissão direta do conhecimento, onde o aprendizado resultaria apenas da acumulação de fatos pelo aluno, reduzir a avaliação apenas à aferição do desempenho do aluno em comparação com uma expectativa prévia do professor ou instituição. Essa expectativa é elaborada com base no

¹¹ Esse conceito ocupa lugar cada vez mais importante em didática de ciências e realça que a seleção de um elemento do saber científico como objeto de ensino modifica-lhe muito fortemente a natureza, na medida em que as questões que ele permite resolver encontram-se deslocadas, bem como a rede relacional que o une a outros conceitos. Existe, assim, uma “epistemologia escolar”, que pode ser distinta da epistemologia em vigor nos saberes de referência (ASTOLFI E DEVELAY, 1991:48).

conhecimento que se julga ser cientificamente estabelecido, ignorando-se, a maioria das vezes, os níveis de formulação mais adequados aos processos de aprendizado do aluno e objetivos mais condizentes com o que seria aprender ciências, aprender sobre ciência e sobre procedimentos científicos. O ensino de ciências estaria assim repleto de equívocos, tanto em relação à concepção de ciências quanto em relação ao que seria seu aprendizado.

No Brasil, segundo FILOCRE, GOMES e BORGES (1995), predominou, nas décadas de 60 e 70, uma visão tecnicista de educação, cujos pressupostos eram a objetividade do conhecimento, a neutralidade científica e a possibilidade do controle de aprendizagem e cujos valores eram os princípios de organização, planejamento, eficiência e produtividade. Nessa visão, o sucesso da aprendizagem do conhecimento científico estaria garantido fundamentalmente pela escolha e utilização dos melhores recursos didáticos e dos métodos de ensino desenvolvidos em outros países, especialmente nos Estados Unidos, de onde vieram o BSCS, o PSSC¹², e que tiveram forte influência em nosso meio educacional.

Segundo FENSHAM (1991), o movimento internacional de renovação curricular do ensino de ciências, da década de 60, foi duramente criticado por comportar-se como se a escolaridade em geral, e a educação científica em particular, ocorressem num vácuo político e social. Um exemplo disso seria o conhecimento sobre currículos e recursos desenvolvidos na Inglaterra, França e Estados Unidos, exportado diretamente, com pouca ou nenhuma adaptação às necessidades sociais, políticas e educacionais de sistemas escolares diferentes, como no caso citado acima.

De acordo com GOULART (MINAS GERAIS-SEE, 1994), "*o tecnicismo que marcou as propostas curriculares das décadas de 60 e 70, em Minas Gerais, teve ascensão tão enfática quanto o movimento de crítica que o sucedeu*". Na década de 70, difundiram-se, no Brasil, as teorias crítico reprodutivistas de Bourdieu, Passeron, Baudelot e Establet, que atribuíam à escola um papel de reprodutora da estrutura social, na medida em que ela exclui dos bancos escolares a mesma camada de população que é socialmente impedida de ter ascensão.

¹² Esses grandes projetos norte-americanos, o PHYSICAL STUDY SCIENCE COMMITTEE, o BIOLOGICAL SCIENCE CURRICULUM STUDY e o CHEMICAL BOND APPROACH, entre outros, envolveram centenas de especialistas na elaboração de materiais que subsidiassem a renovação do ensino secundário nos EUA.

Segundo FILOCRE¹³, mesmo com o desenvolvimento de grandes projetos de ensino de ciências brasileiros, voltados especificamente para nossas condições, a forma de abordagem dos problemas e essa estratégia de ação não mostraram ser, pelas suas repercussões modestas sobre o ensino de ciências, a forma mais adequada de renová-lo. Essa abordagem buscava soluções para os problemas de ensino de ciências, privilegiando os “aspectos externos” do processo de ensino e aprendizagem (produção de textos e materiais diversos por especialistas), reduzindo o professor a um mero transmissor de conhecimentos prontos e acabados. Mudanças mais significativas começaram a surgir quando o foco dos educadores começa a deslocar-se gradativamente do “como se ensina” para o “como se aprende”, dos “métodos de ensino” para os “processos de aprendizagem”. Mas, conforme assinala BIZZO (1991:273), admitir que existam diferenças entre esses dois processos é algo incômodo para a maioria dos educadores, para quem o resultado do ensino é tido como algo sob seu inteiro controle.

A partir de meados de 1970, no chamado mundo desenvolvido ocidental, as pesquisas em didática e ensino de ciências têm voltado sua atenção para a atividade do aluno, especialmente no que se refere a seu modo de pensar. Segundo PFUNDT e DUIT (1991: xliii-xlvii), desde essa época, ocorreu uma explosão de pesquisas em concepções dos estudantes em ciências. Por um lado, os educadores dessa área se defrontavam com os resultados frustrantes das inovações trazidas pela aplicação de novos materiais e experimentos dos grandes projetos de reformas curriculares implantados. Por outro lado, os psicólogos tentavam ultrapassar a visão behaviorista de aprendizagem. Ambos se interessaram por entender melhor o papel das idéias prévias dos alunos no aprendizado. Os primeiros trabalhos de Piaget, sobre o conteúdo do pensamento das crianças, datam da década de 20 (PIAGET, 1926). Esse interesse pode ser identificado bem anteriormente na pedagogia mas, na educação em ciência, o interesse pedagógico pelas idéias espontâneas¹⁴ dos alunos é relativamente recente.

Numa revisão de literatura sobre pesquisa em concepções alternativas em ciência, destinada a pesquisadores não especialistas e professores em exercício, WANDERSEE, MINTZES E NOVAK (1996) admitem que já existe um consenso que emerge do

¹³ *O Ensino de Ciências no Brasil*. Texto de circulação interna. Curso de mestrado em Educação FAE/UFMG.

¹⁴ concepções alternativas, idéias das crianças, conhecimento do senso comum, *misconceptions*, representações infantis e outros termos, com algumas diferenças de significado entre eles, dependendo do referencial teórico da linha de pesquisa.

conhecimento elaborado sobre o assunto em extensas pesquisas em diferentes países, e evidências suficientes para corroborar as seguintes alegações dessa pesquisa:

- os estudantes chegam ao ensino formal de ciências com diversos conjuntos de concepções alternativas sobre objetos e fenômenos discrepantes da visão científica aceita. Não conhecê-las coloca quem ensina em desvantagem;
- essas concepções atravessam limites de idade, de gênero, de habilidades e culturais. Entretanto, a frequência com que uma dada concepção ocorre varia muito, dependendo do grau de instrução prévio e de experiências sociais e pessoais em sala de aula;
- as concepções alternativas são tenazes e resistentes à eliminação por estratégias convencionais de ensino. A tenacidade varia muito, sendo a extensão da mudança conceitual passível de ser obtida influenciada por fatores epistemológicos que podem refletir questões psicológicas subjacentes;
- as concepções alternativas apresentam explicações dos fenômenos naturais freqüentemente semelhantes às apresentadas por cientistas e filósofos de gerações anteriores, mas não há suporte empírico para a hipótese de que os alunos recapitem o padrão de desenvolvimento conceitual histórico para atingir idéias científicas atuais. As pesquisas apontam um modelo mais heurístico para o uso da história da ciência como mais promissor no ensino e aprendizagem de ciências;
- no momento, traçar as origens das concepções alternativas é uma tarefa intelectual especulativa, dadas as dificuldades de traçar a história idiossincrática e individual dessas idéias. Sua ampla ocorrência, entretanto, sugere que elas refletem experiências culturais comuns de observação da natureza, que são comunicadas pela linguagem cotidiana, influenciadas pela mídia e pelo ensino formal;
- os professores podem possuir (e freqüentemente possuem) as mesmas concepções alternativas que seus alunos(as) e que a população em geral possui, especialmente os professores das séries elementares, com menor quantidade de cursos de ciências na sua formação;
- o aprendizado, a maioria das vezes, percorre um caminho imprevisível. O conhecimento prévio do estudante interage com o apresentado pelo ensino formal,

resultando em um conjunto de diversos resultados ou efeitos não planejados. Parece possível antecipar e evitar alguns desses desvios, mas não todos;

- abordagens de ensino que facilitem a *mudança conceitual* podem ser ferramentas eficazes em sala de aula. Aquelas relacionadas a conflitos conceituais, analogias e metacognição parecem promissoras, mas é preciso mais pesquisa antes de adotá-las em larga escala. Alguns pesquisadores preferem, como crucial para o progresso na área, ênfase em leituras mais significativas que rotineiras, outros em tarefas que promovam o pensamento mais crítico.

A evolução do movimento de pesquisas sobre concepções alternativas, ao longo das décadas de 70 a 90, que conduz a esse quadro de alegações e hipóteses, ocorreu em paralelo com as pesquisas em mudança conceitual. Há uma forte tendência, nesse movimento, de partir da descrição das concepções alternativas para focar, na educação em ciência, a compreensão de como ocorre a mudança conceitual, isto é, de como as idéias prévias dos estudantes poderiam modificar-se em direção às idéias científicas.

Entretanto, a frustração com a eficácia do ensino de ciências, malgrado esforços espetaculares em muitos países, ainda é ampla. Segundo GIORDAN e DE VECCHI (1987:3; 12-16), existem evidências para corroborar o fato de que a maior parte do saber científico ensinado durante a escolaridade é esquecido ao fim de poucos anos, às vezes semanas...se é que tenha sido realmente aprendido. Sua transferência é trabalhosa e feita de um modo que não lhe assegura integração, em particular tendo em vista o fluxo de informações trazido pela mídia. Enfim, ele é dificilmente utilizado na vida cotidiana, para discutir com um especialista (um médico, por exemplo) ou para orientar uma decisão na vida profissional. Uma série de pesquisas por ele empreendidas e corroboradas por outras, na Europa e Estados Unidos, indicam que o modo de pensar da maioria dos alunos ainda é do tipo pré-científico. Entre os alunos de 14 anos, 80% acreditam na geração espontânea de micróbios, quase 100% pensam no calor e no frio como substâncias, em geral de naturezas diferentes, e 90% consideram normal a não-conservação de matéria, para dar exemplos.

No Brasil, segundo KRASILCHICK (1992: 4), malgrado esforços de tentativas de melhorar o ensino de ciências, apesar de esforços e investimentos considerados maiores

que os de muitas disciplinas¹⁵, o “*ensino de ciências encontra-se agora na mesma situação lastimável de todas as outras disciplinas do currículo escolar brasileiro*”.

Uma das razões freqüentemente apontadas para o insucesso do ensino de ciências é a inadequação dos currículos desenvolvidos (muito tradicionais em termos de natureza do conteúdo), cada vez mais impossíveis de implementar (em termos da quantidade desses conteúdos), lineares, muito repetitivos, e privilegiando conceitos com base na universalidade da ciência, em detrimento de aspectos da sua produção histórica e da sua aplicabilidade. Nas palavras de MILLAR (1996), “*as grandes idéias perdem-se na massa de detalhes*”, privilegiando-se, com esse tipo de ensino, uma pequena camada da população destinada ao ensino acadêmico e à formação de cientistas.

Na década de 90, a escolaridade tornou-se aspiração de um número maior de pessoas, e não necessariamente para tornarem-se especialistas em ciências, o que deveria necessitar de um ensino de ciências voltado para a compreensão do conteúdo científico, dos processos de investigação usados em ciência e da ciência como empreendimento social, mais voltado para uma educação “para todos”. Tanto no Brasil quanto no exterior, a população escolar mudou muito. Segundo MILLAR (1996) essa população hoje é mais numerosa, economicamente mais pobre, culturalmente mais diversa e, do ponto de vista de gênero, mais feminina.

Para KRASILCHICK (1992:7), é imprescindível que cientistas e educadores estabeleçam diretrizes para o ensino de ciências que efetivamente atendam à maioria da população brasileira e que, entre outras recomendações,

“sem dúvida, será necessário ponderar cuidadosamente a importância de cada tópico que hoje faz parte do currículo tradicional, Ter a coragem de eliminar os considerados desnecessários e incluir outros entre os quais devem fazer parte a análise das conexões entre ciência e tecnologia e ainda da ciência como empreendimento social.”

OGBORN (1994) defende a idéia de que um currículo [e, portanto, o ensino] de ciências precisa ser popular não porque deva capacitar todas as pessoas a fazer ciência, o que continua sendo tarefa de especialistas, mas porque o que a ciência produz e o que se

¹⁵ Essa afirmativa é fundamentada, segundo a autora, pelo fato da existência ininterrupta de projetos curriculares com a finalidade de melhorar o ensino de ciências desde a década de 50: o marco inicial desse movimento seria o trabalho do Instituto Brasileiro de Ciência e Cultura (IBECC), seguido pela instalação dos Centros de Ciências nos anos sessenta, reforçado pelo projeto do Programa de Expansão e Melhoria de Ensino (PREMEN) nos anos setenta e oitenta, e substituído hoje pelo atuante Subprograma de Educação em Ciências (SPEC), parte do amplo Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT) subvencionado por organizações internacionais com contrapartida brasileira.

faz dela afeta a todos nós. Portanto, é importante que as pessoas em geral tenham uma idéia do que ela pode ou não fazer.

MILLAR (1996) alerta para a impossibilidade, corroborada por tentativas anteriores já frustradas, de fazer-se, com igual eficácia, um ensino de ciências que seja ao mesmo tempo destinado a formar especialistas e voltado para a compreensão de ciências pelos educandos em geral. Daí aponta a necessidade de um ensino de ciências e sobre ciência, isto é, voltado simultaneamente para a compreensão do conteúdo científico, dos métodos de investigação em ciência e da ciência como empreendimento social. OGBORN (1994) concorda com FENSHAM (1991) e MILLAR (1996) ao afirmar que um currículo de ciências precisa ser necessariamente popular, atrativo, interessante, mostrar uma justificativa e um propósito para a ciência e ser construído em torno de poucos temas, simples e importantes.

OGBORN (1988) argumenta que ciência e tecnologia são ao mesmo tempo especializadas (e portanto não fazem parte do senso comum) e poderosas no seu impacto. Dessa forma, são experimentadas pelas pessoas, ao mesmo tempo, de modo distante e próximo. A proximidade da ciência e tecnologia tem a ver com suas aplicações e particularidades, como por exemplo nas questões: devo escrever na minha carteira de identidade que não aceito que meus órgãos sejam doados para transplante?; devo tomar a nova vacina contra pneumonia?; qual o risco que corro ao ingerir determinado aditivo químico usado em alimentos industrializados?; devo concordar com a instalação de uma linha de alta tensão perto do lugar onde moro?; como evitar esquistosomose se a única água de que disponho para todos os usos está contaminada?. A distância com que a ciência e tecnologia são experimentadas pelas pessoas tem a ver com o que dizem a ciência e tecnologia, que é necessariamente diferente das idéias do senso comum: seres minúsculos, que não podemos ver, podem nos "fazer adoecer"; núcleos atômicos, inimaginavelmente pequenos, liberam quantidades enormes de energia; seres vivos desenvolvem-se com base em um "código genético"; estrelas "nascem e morrem"; "pacotes" de luz podem comportar-se como ondas e como partículas. Lidar com essas idéias é lidar com escalas amplas, admitir possibilidades inusitadas a ponto de usá-las para fazer predições, mudar crenças, fazer novas suposições para causalidade, enfim, atingir um estado de conhecimento que nos leva a um novo modo de perceber a realidade.

Isso nos remete ao argumento da importância do ensino de ciências como condição de superação do senso comum (SARAIVA, 1991: 28-33) e não é banal,

principalmente se levarmos em conta que envolve também relações com aspectos afetivos, valores e a sensação de segurança de quem aprende.

OGBORN (1988) sugere o tema "vida", entre outros (materiais, o universo, o mundo dos artefatos e informação), como tema importante para um currículo [e ensino] popular de ciência. Justifica sua escolha com base nos argumentos de que vale a pena discuti-lo pelo fato de a ciência ter algo a dizer sobre ele (mesmo sem ter todas as respostas), de que ele é amplo e diferente o suficiente, e apropriado para todos os níveis de ensino, com base na idéia de que o que for trabalhado em ciências precisa ser percebido pelos estudantes e por seus familiares como relacionado a questões humanas importantes.

Entendo que vida (fenômeno) e seres vivos (objetos) são categorias ontológicas básicas, em qualquer cultura. Compreender conceitos básicos instrumentaliza os alunos a prosseguir em caminhos mais especializados no futuro. O tema vida é importante de diversos pontos de vista: utilitário, democrático, social e cultural. Sua discussão permite compreender melhor tanto problemas contemporâneos decorrentes do impacto do conhecimento científico na sociedade, como no caso da engenharia genética, quanto os decorrentes do impacto social na ciência, por exemplo, as restrições éticas à liberdade de pesquisa. Alguma idéia de vida norteia inúmeras decisões individuais e sociais de natureza religiosa, jurídica, médica, ambiental.

Os argumentos mais usados para justificar-se a ausência de questionamentos sobre o que seja o conceito de vida, no ensino de biologia, situam-se em torno da idéia de que não há consenso em ciência biológica sobre ele e de que esse tema ultrapassa em muito o campo da biologia como ciência. Por essas razões não seria adequado ou profícuo para o estudo dessa disciplina. Ora, essa é exatamente a característica das questões humanas mais importantes, aquelas para as quais não temos respostas satisfatórias, que não são propriedade exclusiva de nenhum campo de conhecimento e que continuam aguçando nossa vontade de conhecer mais sobre elas, ainda que relegadas ao domínio das especulações filosóficas (e alguns filósofos costumam considerar esse um tema "muito científico"...))

Embora as explicações para o que seja vida, como se originou, como funciona e qual seu significado tenham origem no campo dos mitos e das explicações místicas, é um importante exercício de compreensão da natureza da ciência distinguir as explicações científicas sobre esse tema das explicações de outros domínios de conhecimento, não para

atribuir-lhes mais valor em si, mas para entender sua aplicabilidade, seus limites, suas possibilidades, seus fundamentos.

Só para falar do campo científico, as respostas sobre a natureza da vida mais recentes não vieram apenas da biologia, mas da química, da bioquímica, da física, da geologia, da paleontologia, da climatologia, da astronomia... Além disso, o desenvolvimento da ciência, como era de se esperar, encheu esse tema de incertezas profundas. Ora, conviver com a incerteza é muito importante para aprender sobre a natureza da ciência. Já que essa é uma área onde não há consenso na comunidade científica, e supondo que essa comunidade preferirá sempre uma atitude mais conservadora, ela é interessante justamente para abordar como a ciência funciona, suas implicações sociais, políticas e econômicas.

Além disso, esse é um tema que toca a intimidade de cada um de nós e está presente no cotidiano de todas as pessoas, profundamente relacionado às questões ambientais e de ciência, tecnologia e sociedade. Atualmente, lidamos com todo tipo de problema envolvendo a necessidade de clarear o que seja, do ponto de vista biológico, o fenômeno que chamamos vida, não para alcançarmos a verdade sobre ele, mas para construirmos parâmetros que norteiem melhor nossas decisões pessoais de diferentes perspectivas: ética, moral, jurídica, médica, legal.

Mas, corremos o risco de o ensino desse tema tornar-se infrutífero para essa finalidade por reduzir-se à descrição de representações de seres vivos, de sua anatomia, de sua classificação, dos seus nomes, e evitar os seres vivos "ao vivo", as relações e modelos explicativos, o que é lugar comum. Não admitir, nem incentivar comportamentos instigadores, curiosos, inusitados, provocadores de mudanças, como aqueles necessários à invenção de outras possibilidades e quadros teóricos próprios da construção do conhecimento científico, significa romper esse desenvolvimento, que necessariamente supõe momentos de ruptura e continuidade.

Assim, visto da perspectiva da questão "o que é um ser vivo?" e, ainda que implicitamente, da questão "o que é vida?" o estado geral do ensino de biologia, nesta avaliação, seria:

- **deformado**, por centrar-se numa visão essencialmente empirista e objetivista do conhecimento; por estar baseado numa concepção predominantemente mecanicista, reducionista, utilitarista e antropomórfica da natureza; e por estar vinculado, pelo

menos na sua prática, e ainda que por razões pragmáticas, a uma concepção tecnicista de ensino e comportamentalista de aprendizagem;

- **deformante**, pois, por tradição, em nosso país, a biologia, herdeira da história natural, é, dentre as ciências empíricas, a que mais influencia a formação dos professores de ciências. Ao longo de diferentes níveis de ensino e situações escolares, essa visão epistemologicamente deformada do que seja o conhecimento científico e do ensino de ciências se retroalimenta e reproduz os valores predominantes nas sociedades industrializadas, privando os estudantes e professores de supor outras possibilidades para produção, ensino e aprendizagem do conhecimento;
- **anacrônico**, uma vez que na própria sociedade industrializada, agora globalizada e informatizada, há demanda por revisão de valores, por nova visão de mundo, com maior possibilidade de inventar soluções para novos problemas propostos pelo seu próprio desenvolvimento, além do questionamento desse modelo de desenvolvimento. Pesquisas em ensino de ciências têm demonstrado o fracasso de modelos de ensino baseados na transmissão direta do saber, na sua transposição direta para sala de aula. A avaliação estadual e nacional de livros didáticos aponta para a necessidade de abrir-se espaço para a cultura do aluno, para soluções inventivas e problematizadoras.

2. 2: A QUESTÃO “O QUE É A VIDA” É ABERTA E COMPLEXA

Pode parecer relativamente óbvio e fácil ensinar a diferença entre uma pedra e uma galinha ou um pé de alface a um aluno do ensino fundamental. Mas, o fato de, no campo conhecido por inteligência artificial, ensinar uma máquina a distinguir entre um objeto inanimado e um ser vivo, entre um tijolo e um gato, por exemplo, ainda ser um problema sem solução indica, em parte, o quanto esta questão ainda é aberta e complicada.

Há consenso na comunidade científica a respeito do que seja específico na organização biológica: nem a marca de um desenho criativo transcendental inteligente e intencional, nem a geração espontânea e extemporânea de processos naturais. As idéias criacionistas, fixistas e de geração espontânea foram superadas pela idéia da evolução, da

transformação das espécies ao longo do tempo geológico, embora não haja, ainda concordância a respeito dos mecanismos explicativos dessa evolução .

Apenas no último século, a teoria celular, uma das pedras fundamentais da biologia moderna, expandiu-se e tornou-se amplamente aceita, apontando as células como as menores unidades da matéria viva. A aplicação dos princípios básicos da teoria microbiana das doenças infecciosas, postulada por Pasteur, à investigação de doenças, o desenvolvimento de equipamentos para investigação do mundo microscópico e submicroscópico e o conhecimento sobre técnicas de cultivar tecidos, células e microorganismos em laboratório possibilitaram a identificação e categorização de uma diversidade de formas mais simples que células, como rickétsias, clamídeas, plasmídeos, vírus, viróides, prions. As fronteiras de manifestação de características vitais como metabolismo, reprodução, possibilidade de evolução, foram expandidas para essas escalas, pelo menos sob certas contingências. Isso levantou novas dúvidas sobre o que seriam os menores conjuntos de materiais em que se poderia dizer que a vida pode manifestar-se e sobre o que seria a vida a que nos referimos nessas condições.

Uma explicação biológica para o que é a vida (pelo menos a vida como se manifesta no planeta Terra) teria de dar conta também, e em qualquer nível, da pergunta: "como a vida se desenvolve?" no espaço e no tempo. Em outras palavras, "o que se transforma, o que se conserva?"

A idéia de continuidade nos sistemas vivos vem sendo expressa em diferentes níveis. A resposta científica do que se conserva, em termos materiais, é que, embora organizados de um modo diferente, seres vivos são constituídos dos mesmos elementos químicos que o restante dos materiais do planeta, formados num tempo muito remoto. O planeta Terra é um sistema quase fechado¹⁶ em termos desses materiais, e eles circulam entre o meio físico e biológico de diversos modos, em diferentes ciclos. A possibilidade de aplicar as mesmas leis e teorias químicas, elaboradas com a investigação do mundo inanimado, à matéria viva, tomando como pressuposto o que elas têm em comum, tornou-se uma ferramenta poderosa. A bioquímica e a biologia molecular tornaram-se campo de trabalho promissor nesse século.

No entanto, a pergunta: "qual é a diferença entre um sistema de reações químicas coordenadas, embora complexo de maneira arbitrária, e um ser vivo onde encontramos,

essencialmente, uma abundância de reações químicas?" ainda não tem resposta satisfatória. Não é possível pensar, por exemplo, que a explicação e identificação de todas as coordenações entre um conjunto de reações catalisadas, que formem um algoritmo específico, por exemplo, o ciclo de Krebs, dê conta de explicar a função biológica correspondente, a respiração, reduzindo a biologia à química.

Segundo CELLÉRIER (1973), os biólogos que assim pensam, pode-se dizer, estariam sofrendo de uma espécie de alucinação coletiva que os inclina a ver o conjunto da matéria viva como nada mais que um amplo regulador formado por uma multidão de subsistemas hierarquicamente encadeados e acoplados por uma rede de interações laterais, que faz de cada nível um sistema integrado, e no vértice dos quais estariam os sistemas genéticos das espécies.

Outra característica que se conserva nos seres vivos é a organização da estrutura biológica e o seu funcionamento, apesar e por causa de uma constante troca de substâncias e energia entre essa estrutura e o meio em que está. A perda dessa organização significa morte, em qualquer nível: celular, individual, de todo um ecossistema.

Em 1993, foi comemorado o cinquentenário das palestras do físico Erwin Schrödinger sobre "O que é vida?". Elas resultaram no livro de menos de cem páginas onde são discutidas suas idéias sobre mecanismos de transmissão de informação biológica através de gerações de organismos e sobre o problema de como a estrutura biológica se mantém organizada e altamente improvável, em aparente desacordo com a segunda lei da termodinâmica. Esse livro leva o mérito de ter inspirado os cientistas a trabalhar, no campo da biologia molecular, na elaboração de um modelo para o material genético. Segundo EIGEN (in MURPHY e O'NEIL, 1997:16) o texto de Schrödinger "*marcou época, não porque tenha oferecido uma abordagem prática à compreensão do fenômeno vida, mas por ter inspirado novas formas de pensar*" [por exemplo, com a sua profética noção do gene como um cristal aperiódico]. Suas idéias tiveram muito impacto em alguns dos principais envolvidos na Biologia molecular moderna, por exemplo, os físicos Jim Watson e Francis Crick. Mas, segundo MURPHY e O'NEILL (1997: 11) "*talvez daqui a 50 anos esse livro torne-se mais profético pelo seu tratamento da termodinâmica dos sistemas vivos*".

¹⁶ No sentido de considerar a pequena variação total de massa no planeta se considerarmos, por exemplo, meteoritos, emissão de sondas espaciais e transformações de massa e energia.

SCHENEIDER e KAY (in MURPHY, 1977: 188) apontam que Schrödinger *“propôs que o estudo dos sistemas vivos visto de uma perspectiva do não-equilíbrio reconciliaria a auto-organização biológica e a termodinâmica. Além disso, considerou que um tal estudo poderia produzir novos princípios físicos.”* A organização dos sistemas vivos, aparentemente, contraria a segunda lei da termodinâmica clássica. Ela afasta-se da desordem e do equilíbrio termodinâmico clássicos em direção a estruturas altamente organizadas, as quais existem a certa distância do equilíbrio. A segunda lei da termodinâmica clássica profetiza a natureza degenerando em direção à desordem aleatória, à "morte" inevitável. A realização dessa profecia ocorreria quando tudo (visto como sistema de trabalho e energia) acabará na forma de energia menos qualificada, o calor, universal e regularmente distribuído (uma vez que processos reais ocorrem somente na direção do aumento de entropia).

Schrödinger reconheceu que sistemas vivos são abertos e não caixas fechadas adiabáticas da termodinâmica clássica. Um dado organismo permanece no seu estado de vivo, altamente organizado, ao (e somente se) importar energia de alta qualidade¹⁷ de fora de si mesmo e degradá-la para sustentar a energia organizacional do sistema.

Com a reformulação das teorias clássicas da termodinâmica, sistemas vivos podem ser tratados como sistemas termodinâmicos abertos, afastados do equilíbrio e vinculados por gradientes que os mantêm a certa distância do equilíbrio. A vida pode ser vista como característica de uma estrutura dissipativa de gradientes afastada do equilíbrio, que mantém seu nível local de organização à custa de produzir entropia no ambiente.

Segundo SCHENEIDER e KAY (in MURPHY E O'NEILL 1997:194), a vida seria a resposta ao imperativo termodinâmico de dissipar gradientes. O crescimento biológico ocorre quando o sistema acrescenta mais dos mesmos tipos de vias de degradação de gradientes impostos. O desenvolvimento biológico ocorre quando novos tipos de vias de degradação emergem. Esse princípio fornece um critério de avaliação de crescimento e desenvolvimento em sistemas vivos.

¹⁷ A primeira lei da termodinâmica surgiu dos esforços de compreensão da relação entre calor e trabalho e diz que a quantidade total de energia num sistema fechado não varia. Entretanto a qualidade de energia pode variar e, pela segunda lei da termodinâmica clássica, a qualidade de energia (exergia), isto é, a capacidade da energia de realizar trabalho útil, também degrada num processo em andamento em um sistema.

Ainda para esses autores, dado que os seres vivos existem em supersistemas que os contêm, e apresentam um ciclo vital, é fundamental preservar informação sobre o que funciona ou não. O papel dos genes seria então, por um lado, restringir, de uma geração para outra, o processo de auto-organização às opções com alta probabilidade de sucesso (continuidade nas circunstâncias) e, por outro lado, o de funcionar como banco de dados das informações para estratégias de auto-organização que funcionam. Para existir, a vida exigiria dois processos: é gerada como “ordem a partir da desordem” em sistemas termodinâmicos abertos mantidos a certa distância do equilíbrio e continua como “ordem a partir da ordem” pela ação gênica, limitando e restringindo os processos de auto-organização aos mais prováveis e, ao mesmo tempo, sendo sua memória. Dessa forma a biologia estaria conectada à “nova” física da auto-organização.

Do ponto de vista das populações de seres vivos, o que se conserva é a espécie, por meio da reprodução. A perda da capacidade de reprodução significa a extinção de uma espécie. Mas, do ponto de vista de toda a história da vida na face da Terra, o que se conserva é o DNA, o “fio” da vida. Que tipo de material é esse, que “passa” de uma geração para outra, com fidelidade de cópia suficiente para que seja mantido um padrão e flexibilidade suficientes para explicar variações individuais e mudanças ao longo do tempo? Há menos de 50 anos, não havia resposta para essa pergunta. Um modelo explicativo da estrutura e funcionamento da molécula de DNA, como material genético, só foi elaborado muito recentemente com a contribuição essencial de muitos físicos e químicos, mas já se mostrou instrumento revolucionário na Biologia. É incrível que seja impossível distinguir-se a procedência de algumas seqüências de bases nitrogenadas de filamentos de DNA isoladas. Elas podem ser idênticas para a espécie humana, vermes, bactérias ou plantas! Um fragmento de DNA humano pode funcionar em (e alterar o metabolismo de) uma célula de levedo ou de bactéria! Saber que compartilhamos algumas dessas seqüências nos permite pensar que, ao nível molecular, a vida pode ser mais uniforme que ao nível da imensa diversidade que observamos nas espécies de organismos vivos distribuídos no planeta.

O que se transforma, nos seres vivos, vem sendo expresso pelas idéias sobre sexualidade, desenvolvimento e evolução. A idéia do senso comum sobre desenvolvimento está muito próxima da idéia de crescimento como aumento de tamanho. Na espécie humana, a própria “invenção” da infância, como fase de desenvolvimento com características próprias, é bastante recente e até hoje lidamos com as crianças como

se elas fossem adultos em miniatura, em várias ocasiões. A crença no fixismo das espécies não foi abalada profundamente em nossa cultura pelo menos até a teoria da evolução darwiniana. A idéia da sexualidade como troca de informação genética, fonte de variabilidade, e, como tal, um fenômeno amplamente distribuído na natureza, é muito estranha para a maioria das pessoas.

Fortemente impregnadas por valores e crenças de outros campos, as explicações biológicas permanecem carregadas de intencionalidade e finalismo numa centração própria de quem tem a si mesmo e sua experiência refletida para explicar o mundo. Projetamos no mundo nossas características de desejo, intenção e vontade. Mas, se não podemos afirmar nem que indivíduos de outras espécies as tenham, o que dizer de espécies, dos genes, do ambiente?

Experimentamos a vida muito pessoal e intimamente, mas explicar cientificamente como funciona, como “surgiu”, como se conserva e se transforma ao longo do tempo, é fato muito recente. A biologia tem ainda pela frente a enorme tarefa de entender a intrincada dinâmica da coordenação dos sistemas vivos complexos, em vários níveis, do molecular à biosfera.

Compreender o fenômeno vida, *do ponto de vista científico*, depende, portanto, do reconhecimento de que, antes de mais nada, existe um observador que, estando ele mesmo vivo, e sendo consciente e intencional, distingue do todo em que está imerso e nomeia o fenômeno “vida”, com características particulares, dentro de um modelo explicativo, num dado momento histórico e numa cultura particulares. Os predicados são usados para formular um conceito com esse nome e ele passa então a ser usado como instrumento para inferências e avaliações de fenômenos semelhantes.

Como explicação, esse conceito será tão mais útil do ponto de vista científico quanto seus mecanismos explicativos forem capazes de gerar o fenômeno. Se o conhecimento científico fizer isso para o fenômeno vida, de certa forma, os seres humanos serão capazes, ao usar esse conhecimento, de criar “novas vidas”, e até de “recriar o fenômeno vida”! Ora, seja lá que nome dermos, em parte é isso mesmo que está acontecendo atualmente em algumas áreas da biologia molecular (que investigam as etapas da(s) origem(ns) da vida nesse nível), da engenharia genética (que “inventa” seres vivos que até muito recentemente não existiam), da fertilização *in vitro* para a reprodução de seres humanos e outros animais e da clonagem de seres vivos em laboratório, que tanta polêmica tem gerado.

O projeto Genoma¹⁸ já identificou até o último dos genes humanos, embora não seja ainda capaz de evidenciar exatamente onde ficam esses genes nos cromossomos. Queremos saber o que aconteceu com a Dolly¹⁹, esperamos poder manipular genes humanos para superar deficiências herdadas, mas tememos as conseqüências dessas manipulações para produzir aberrações indesejáveis.

Atrás da nossa insegurança em doar órgãos está nossa certeza de que não sabemos direito as fronteiras entre viver e morrer. Estamos (no Brasil, ainda uma minoria) morrendo aos pouquinhos, em hospitais, de modo escondido e sob controle dos médicos, que anunciam que há “morte cerebral”, mas não do fígado ou dos pulmões. Poderia estar também a consciência de que existe um mercado de órgãos humanos, sujeito às desigualdades sociais, econômicas e políticas, entre outras, e de que no Brasil existem poucos estudiosos e debatedores no recente campo de conhecimento conhecido por bioética.

Vários projetos mundiais estão envolvidos com a produção de máquinas que tenham “inteligência artificial” e possam interagir com o ser humano, aprender e resolver problemas. Segundo BODEN (1996:4), a agenda dos pesquisadores em inteligência artificial é construir e/ou programar computadores para realizar tarefas de modo análogo ao que mentes (biológicas) podem fazer. O campo do conhecimento conhecido por “vida artificial” difere desse, apesar de suas fortes relações históricas e metodológicas, por ter como tarefa principal definir regras simples do tipo reflexo, a partir das quais o comportamento mais complexo possa emergir e lida mais com o conceito de auto-organização, da emergência de complexidade. Ambos são bastante interdisciplinares e encontram aplicações variadas, por exemplo, na robótica, nas artes visuais animadas. Pesquisadores da inteligência artificial “forte” chegam a afirmar que *toda* qualidade mental pode ser imitada – e eventualmente suplantada – pela ação dos computadores eletrônicos (PENROSE, in MURPHY e O’NEIL 1977:137).

¹⁸ Projeto que pesquisa o mapeamento físico e seqüenciamento de genes nos cromossomas humanos. De iniciativa norte-americana (Departamento de Energia), ao final da década de 80, tornou-se mais tarde um projeto internacional, e hoje é coordenado por uma ONG, a Organização do Genoma Humano (HUGO). *Ciência Hoje*, (22) n° 127, p.27.

¹⁹ Nome da ovelha que nasceu, em julho de 1996, clonada, sem pai biológico, de um ovo criado pelo transplante de um núcleo de uma célula cultivada para um óvulo em metáfase II de uma mesma ovelha matriz, em um instituto de pesquisas escocês. Segundo Zena Werb, “*Dolly terá para sempre seu lugar na história por ser de um daqueles experimentos que mudam nosso modo de pensar*” (*Science*, 7 de março de 1997). O experimento acendeu a polêmica em torno de questões éticas e morais da possibilidade de clonagem humana e, principalmente, das idéias sobre o que seja “clonagem” e o que seja “humano”.

GOULD (in MURPHY e O'NEIL 1997:48-50) alerta que, se quisermos dar conta da questão "o que é a vida", para além das generalidades universais das leis naturais, não podemos reduzir as respostas ao nível físico-químico. Precisamos dar conta também da vida como fenómeno previsível que evoluiria outra vez da mesma maneira e não pode ser diferente do que é. Para ele, as leis da natureza e a contingência histórica devem operar como parceiras na busca da resposta. A contingência não é domínio do exclusivamente trivial.

"Estamos aqui [a espécie humana] porque a lista de extinção entre os produtos anatômicos da explosão cambriana não incluiu um pequeno e "pouco promissor" grupo de cordados, exemplificado pelos vestígios fósseis do gênero Pikaia do folhelho de Burgess Shale."

Para GOULD, contingências são imprevisíveis mas, depois que ocorrem, tão explicáveis como qualquer outro fenómeno e deveriam ser consideradas tão igualmente significativas, prodigiosas, analisáveis e interessantes quanto as previsibilidades convencionais, porque decorrem do carácter do mundo e não da limitação das nossas metodologias. As explicações, sendo contingentes ao invés de baseadas em leis, exigem um conhecimento da seqüência histórica específica que gerou o resultado porque tais soluções têm que estar na forma narrativa e não dedutiva. A paleontologia é uma ciência natural desse domínio e pode dar conta de questões do tipo: por que essa, e não milhares de outras histórias que poderiam ter acontecido? A vida seria também o produto de um passado contingente e não apenas o resultado inevitável e previsível de leis simples e atemporais da natureza.²⁰

É quase impossível avaliar o impacto da biologia contemporânea e seu futuro para a humanidade, mas temos apenas nossa contingência humana para descobrir o que pode ou não ser feito, avaliar riscos e construir uma ética a respeito. E disso depende a sobrevivência da nossa espécie.

²⁰ Pesquisadores em taxonomia cladística começam a apontar a necessidade de revisar critérios para delimitação de áreas de conservação e preservação de recursos naturais, fortemente direcionados para a biodiversidade, para incluir a necessidade de considerar-se argumentos históricos nessas justificativas e tentar preservar áreas onde existam tipos ancestrais de clados considerados importantes.

2.3: OUTRAS POSSIBILIDADES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Entendo que, em um ensino de ciências para todos, seria essencial promover a compreensão de teorias biológicas fundamentais e o reconhecimento das visões de mundo nela implícitas; a compreensão de suas aplicações tecnológicas e suas relações com a sociedade; a capacidade de trocar idéias e expressar-se nesse campo de conhecimento e de usá-lo na solução de novos (ainda que para o estudante) problemas.

Partindo do pressuposto, pelo que foi tratado até esse ponto, de que o tema “o que é a vida” é relevante do ponto de vista formativo e social, passarei a argumentar como ele poderia ser condição de superação do senso comum e condição formadora das estruturas de pensamento. Examinarei essas condições explorando a mudança conceitual vista como passagem de um estado de conhecimento a outro, mais satisfatório, na perspectiva das idéias piagetianas.

Através de uma abordagem piagetiana ao problema da mudança conceitual, verifica-se que essa mudança não ocorre por extirpação ou simples troca das idéias dos alunos por outras, quer sejam do senso comum dos professores e obras didáticas ou idéias consensuais da comunidade científica. Qualquer que seja a possibilidade de mudança das idéias de um estudante, ela implica necessariamente uma reestruturação do seu saber prévio, uma interação entre sistemas de conhecimento (o dele e o da idéia que está sendo ensinada), processo onde poderão ser identificadas formulações intermediárias, indicando aspectos de continuidade e ruptura entre esses sistemas.

Nesse processo, etapas anteriores são condição necessária para o desenvolvimento das subseqüentes, uma vez que se considera que elas não desaparecem, mas são *integradas e reformuladas*. Não se trata de uma seqüência linear de melhorias no sentido de aquisição meramente aditiva de mais informações, conceitos ou habilidades. Trata-se de uma ampliação de extensão, profundidade e relações entre significados, que envolve experiências empíricas, experiências lógico-matemáticas e experiências sociais. Esse processo *necessita o estabelecimento de um diálogo espontâneo, aberto e exploratório de quem aprende com quem ensina (livro, professor, colega, mídia, experimento, familiares)* de forma a possibilitar a imersão em um novo modo de compreender, explicar e interagir com o mundo.

Nesse processo, a convivência com a dúvida e a incerteza são essenciais. Questões abertas não são apenas uma oportunidade de trabalhar coisas curiosas em sala de aula. São também ocasião de cooperação entre alunos que podem ter diversas soluções. A concepção de ensino de ciências e o modo de trabalhar com os alunos em sala de aula é algo que deve afetar o modo de conceber a ciência. A divergência é natural em qualquer setor de atividade e convivência humana e é resolvida por meio de acordos. A ciência, como qualquer atividade humana, não escapa das divergências e é sempre resultado de algum acordo. O que é específico da ciência é o modo de fazer o acordo. O ideal da verdade científica é não ser imposta, e sim demonstrada entre pares que se respeitam, com discussões e críticas entre pessoas autônomas.

Segundo FILOCRE e AGUIAR (1996), a análise do problema da mudança conceitual na perspectiva piagetiana comporta duas abordagens: a epistemológica e a psicológica e *“não distinguir esses dois aspectos reduz as possibilidades explicativas e analíticas das idéias piagetianas, resultando num entendimento inadequado e, por vezes, incorreto, desse ponto de vista”*.

Nem sempre uma teoria considerada superior de um ponto de vista epistemológico é julgada pelo sujeito da aprendizagem como psicologicamente superior, o que se relaciona às idiossincrasias da história pessoal em que essa avaliação é feita, por critérios pouco esclarecidos, na maioria das vezes. A elaboração de uma nova idéia é, em última instância, uma tarefa pessoal que exige enorme esforço cognitivo e afetivo. Envolve tomada de consciência, revisão de crenças estabelecidas e compartilhadas socialmente, estabelecimento de novas relações e compromissos. Isso pode ser árduo e doloroso, acompanhado de sensações de vazio, incerteza e insegurança, de sentimentos de não aceitação por pessoas afetivamente importantes, de ser diferente e sozinho na ousadia de buscar novos valores.

O problema pedagógico de estimular a mudança conceitual do ponto de vista psicológico é, portanto, tão desafiador quanto do ponto de vista epistemológico. Depende de escolhas, empenho e decisões pessoais tanto por parte do estudante quanto de quem ensina.

Segundo FILOCRE, o progresso cognitivo, visto da perspectiva piagetiana, depende da elaboração de novas causalidades necessárias e da habilidade lógico-matemática para elaborá-las (o conhecimento empírico e lógico-matemático são

construções paralelas), tem aspectos epistemológicos e psicológicos a serem considerados e a sua análise é diferente do ponto de vista psicogenético, sociogenético e pedagógico.

As razões que se relacionam à mudança conceitual têm a ver com insatisfação, perturbação, conflitos (obstáculos afetivos, cognitivos, pragmáticos, valores sociais, esforço pessoal). Os instrumentos para realização dessa mudança são a descentração, a tomada de consciência, a abertura a novos possíveis e construção de vínculos necessários (embora o uso das operações lógicas possa ser muito precoce, a construção do sistema completo, com a inclusão de todas as operações, é realizada de modo integrado no estágio formal). Os mecanismos necessários para que ela ocorra são a equilibração majorante e a sucessão da tríade intra-inter-trans. Mas não é só: ela depende de um querer e disposição interior pessoais. É um processo que pode acontecer por meio de múltiplos caminhos, imprevisível para cada aluno em particular. O professor pode assistir e interferir melhor nesse processo se tiver disposição de mergulhar e tentar (re)conhecer esses caminhos, de considerar o aluno como sujeito inteligente, com uma lógica inerente à sua visão de mundo a cada momento.

Em sala de aula, conviver com a questão “o que é vida”, de um ponto de vista do ensino de ciências assim considerado mais eficiente, significa aprender a conviver com perguntas sem respostas definitivas, com múltiplas conjecturas e aprender a reformular perguntas. Entretanto, é muito importante, tendo em vista esses objetivos, não reduzir esses procedimentos a mero espontaneísmo. Mais do que isso, no ensino de ciências é preciso um determinado modo de conviver com as concepções dos alunos, de estimulá-los a argumentar e sustentar suas argumentações, buscando evidências empíricas para corroborar suas conjecturas, avaliando sua pertinência e, principalmente, aceitando o desafio de partir de possibilidades teóricas inusitadas.

A engenharia genética nos faz pensar, por exemplo, na invenção de novos seres vivos, pela manipulação de seu “código de informações” ao nível molecular e celular. Leeuwenhoek povoou o mundo científico de micróbios até então desconhecidos e Pasteur nos fez pensar na idéia de contaminar-se com um agente infeccioso como forma de contrair uma doença. OGBORN (1994) afirma que “*Geralmente mover-se no mundo da ciência é mover-se num mundo habitado por tipos estranhos de entidades, em escalas não-familiares.*”

Entendo que o ensino de ciências precisa expandir escalas de tempo e espaço imaginadas pelo aluno e habilitá-lo a estimar suas grandezas, para introduzir novos tipos

de entidades. Ultrapassar a autocentrção poderia ser visto, em princípio, como expandir a imaginação e poderia ser útil para o professor encontrar e valorizar exemplos de situações e idéias que fossem expressas em formas gerais mais simples como: as coisas podem ser muito pequenas para serem vistas, ou muito grandes e distantes para serem imaginadas. Certos acontecimentos podem durar muito mais que a vida humana ou terem acontecido num passado muito remoto, antes que ela existisse. Podem ser muito rápidos para serem notados, e apesar disso, terem conseqüências de longa duração.

Micróbios, dinossauros, duendes, extraterrestres, podem ser reais e próximos até por serem imagens e representações do senso comum com as quais estamos familiarizados, ou irrealis e distantes por serem observáveis relacionados a teorias científicas incompreensíveis. A maneira de pensar influencia o modo de perceber. Um passo fundamental na direção das explicações científicas é pensar *possibilidades diferentes*.

Entendo que ciência e tecnologia nos proporcionam explicações diferentes daquelas do senso comum. Elas procuram afastar-se de explicações causais que atribuam intencionalidade ou teleologia aos fenômenos naturais, assentadas na idéia de que as coisas acontecem porque "algo ou alguém quis" e procuram explicações de natureza mais funcional, mecanicista ou histórica, e mais necessárias de acordo com o modelo explicativo de que decorrem. Por isso mesmo, o que se pensa a respeito de como as coisas acontecem "naturalmente" pode mudar. A verdade científica não é extraída diretamente da observação das coisas ou fenômenos. Compreender o conceito de vida requer a compreensão de interações não-teleológicas e também idéias sobre comportamento de sistemas em que o todo seja "algo mais" que a soma das partes.

A experiência cotidiana da ciência e tecnologia é da informação que chega em uma linguagem própria. Para superar a confusão constante entre os objetos e suas representações, o aluno precisa entender o significado, "chegar à estória que uma representação está contando". O professor precisa ter em conta que imagens de seres vivos, mesmo partes dissecadas ou formalizadas de seres vivos como peças de museu, envolvem sempre certo grau de representação e formulação teórica.

Também é necessário desenvolver melhor o estabelecimento de relações entre teorias e modelos e métodos de observação e classificação, desenvolvendo idéias sobre planejamento e execução de experimentos. A habilidade pessoal e prática de saber fazer e a habilidade de pensar para projetar são muito importantes. A maneira como são feitos os

artefatos tecnológicos tende a cobrir os vestígios de sua produção e tendemos a permanecer mais dependentes deles de que precisaríamos ser.

Assim, em relação ao tema “o que é a vida”, considero, por exemplo, que seria mais produtivo, na elaboração de um conceito de “vida” e “ser vivo”:

- ampliar a discussão do que é ou não vivo para exemplos mais problemáticos e inusitados e novas possibilidades de formas vivas como micróbios, esporos, ovos, sementes e de seus vestígios, como fósseis, esqueletos calcários de seres marinhos e formas inanimadas com possíveis atributos de formas consideradas vivas, como fogo, cristais em crescimento, vulcões em erupção, cidades, rios, computadores;
- ampliar o tempo e a profundidade do trabalho com o tema para complementar a questão sobre se é ser vivo ou não com a questão “o que faz você pensar que isto seja um ser vivo?”, estimulando a troca de idéias e negociação de significados entre os pares a respeito da resposta;
- para um dado objeto, distinguir “ser vivo” (pertencer a uma categoria e, como tal, depende da capacidade lógica de realizar inclusão de classes) de “estar vivo” (manifestar um ou mais dos predicados definidos para a categoria e, como tal, depende da capacidade de usar os predicados de um conceito para avaliar uma situação nova em que ele pode ser aplicável ou não, reformulando-o, se necessário);
- uma vez que a caracterização de X implica também a caracterização de não-X, é importante trabalhar a idéia da negação da vida como outra categoria complementar (o mundo inanimado) e como outro estado complementar, enfrentando temas tabus como o da morte, procurando respeitar a segurança afetiva dos alunos. Poderiam ser usadas questões do tipo: – que vestígios você procuraria para identificar, por exemplo, que um dado organismo esteja vivo ou morto? – que indícios você procuraria para identificar que um dado objeto, mesmo sendo inanimado, poderia indicar a presença de vida? – se você pudesse projetar um experimento para verificar a existência de vida em um lugar aparentemente deserto, como faria? – cabelos, unhas, dentes, o estrato córneo da pele de um ser humano, são vivos ou mortos?

- mesmo aceitando a idéia de que não haja resposta consensual para o que seja vida do ponto de vista biológico, não fugir da investigação de quais seriam os critérios essenciais para que algo seja considerado vivo em um determinado domínio explicativo, por exemplo: – com base em que critérios dizemos que um rio “morreu”? ou – com base em que critérios é possível considerar o planeta Terra como um organismo vivo (a hipótese Gaia)?;
- ao trabalhar as classificações biológicas dos grupos taxonômicos, incluir a compreensão de como funciona uma chave dicotômica ou um cladograma, envolvendo os alunos na elaboração desses tipos de recursos de identificação e representações como objetivos importantes;
- cultivar organismos vivos para investigar suas relações e necessidades, por meio da montagem de terrários, insetários, aquários, etc. e problematização dos acontecimentos observados. Desenvolver experimentos para testar “tira-teimas”, respostas diferentes para uma mesma pergunta;
- promover debates sobre questões polêmicas nesse tema, principalmente aquelas relacionadas à bioética e educação ambiental, significativas para o aluno, do ponto de vista da sua curiosidade, do seu momento histórico e do seu contexto.

2.4: O QUE SE GANHARIA ABRINDO ESPAÇO PARA A DÚVIDA?

BRUMBY (1982), há vinte anos, em uma pesquisa com estudantes universitários ingleses de primeiro ano universitário, encontrou resultados que sugeriam a dificuldade dos estudantes em usar o conhecimento biológico em situações diferentes daquelas rotineiras no contexto escolar, provas e livros didáticos. As explicações dos estudantes colocados diante de problemas relacionados à discriminação entre seres vivos/inanimados e, entre os primeiros, à discriminação de vivo/morto, eram dominadas pela idéia de que os seres vivos são distintos pelas sete características clássicas atribuídas aos seres vivos, especialmente “movimento”. Isso seria no mínimo decepcionante, para alunos desse nível. Para esses estudantes investigados, a ciência parecia ser vista mais como “*um corpo estável de conhecimentos, já descoberto por outros, a serem aprendidos por eles, mais do que um modo de pensar e experimentar.*”

Ela se questionava, então,

“– É razoável esperarmos que estudantes de ensino médio tenham tal visão de ciência? – Estaremos estimulando a visão que esses estudantes apresentam da ciência por meio de currículos com fatos detalhados e testes objetivos fortemente orientados para testar conhecimento factual? – Essas observações refletem a falta de relevância da escolaridade para o mundo real?”

Digo que essas indagações continuam pertinentes. A preocupação com currículos e reformas educacionais voltados para a formação do cidadão tornou-se crescente e bastante generalizada. Mas corre o risco de deformação que quase sempre acompanha a assimilação de uma nova idéia e sua vulgarização. Podemos estar diante de mais um mantra a ser proferido na sala de aula: “o objetivo do ensino de ciências é a formação de um cidadão crítico e participativo”, sem entretanto ter uma noção mais clara e precisa do que seja isso, e de suas relações necessárias com um determinado modo de esse ensino acontecer.

Pergunto então: –“que cidadão é esse?”, isto é, quais seriam as contribuições do ensino de ciências específicas e necessárias para sua formação e que tipo de competências elas estariam objetivando? Segundo CARVALHO (1995), a evolução da cidadania em nosso país sofreu uma inversão na seqüência histórica da conquista de direitos e a lógica que reforça a convicção democrática foi rompida. A cultura política do nosso povo tenderia mais à estadista e governista, ainda contaminada pela visão messiânica do salvador, carecendo de uma representação mais sadia, livre do fisiologismo na atuação do Legislativo e de uma visão corporativista dos direitos coletivos. A maioria da nossa população ainda não tem acesso aos direitos civis. Pergunto: de que adianta a esperança em uma nova “lei de biosegurança nacional” sem uma sociedade capaz de compreender seu alcance e atuar integralmente na sua implementação?

Tomando de volta o argumento da ciência e tecnologia como conhecimentos fundamentais da cultura de prestígio social em que estamos, privar nossos alunos do acesso a esse tipo de conhecimento, seria, nas palavras de SARAIVA (1991:16) “*tornar a escola um local de legitimação da marginalidade e não da sua superação*”. Pergunto: como a escolaridade pode contribuir para formar uma pessoa capaz de interagir, de modo autônomo e responsável, com um mundo fundamentado e dependente de ciência e tecnologia, sem promover a compreensão dos fundamentos e da natureza desses conhecimentos?

A competência cognitiva é importante para fundamentar escolhas e decisões. Para um indivíduo subordinado a mitos, é impossível ter acesso a uma compreensão racional do mundo, pelo menos desse mundo científico e tecnológico, e nele fazer escolhas, do modo mais isento de constrangimentos possível. Sem pelo menos reconhecer que existem dificuldades inerentes ao diagnóstico da morte, à manipulação gênica, às novas tecnologias para reprodução humana, entre outros exemplos, o indivíduo estará ou amedrontado ou ingenuamente entusiasmado com o que lhe apresentarem, e facilmente manipulável diante das soluções propostas por especialistas e tecnocratas.

De qualquer forma, ainda que competente cognitivamente, o indivíduo continuará assujeitado se faltar-lhe iniciativa, vontade e possibilidade de interagir socialmente, usando esse conhecimento. Por isso, a escola não pode esperar que o aluno saia dela “preparado” cognitivamente para então tornar-se miraculosamente cidadão ativo. Nesse sentido, não existe “pré”paro. Ainda durante a situação de ensino, os conteúdos precisam estar relacionados e envolvidos aos problemas do cidadão que o aluno já é, e ele precisa sentir-se capaz de discuti-los e tomar iniciativas a respeito. Essa competência social só se forma em paralelo com a competência cognitiva, pois não há como o aluno estabelecer espontânea e magicamente os vínculos necessários entre ambas; eles precisam ser estimulados a elaborá-los.

Essas competências dependem ainda de uma terceira, a competência comunicativa, pois a realização de ambas só ocorre no domínio da linguagem. Entretanto, na perspectiva piagetiana, a linguagem é apenas uma das funções semióticas, não precede e nem “garante” a construção das estruturas mentais, tanto que pode ser reduzida a um mero verbalismo. Pelo menos intuitivamente, percebemos, nós, professores, que a repetição, pelo aluno, de um enunciado, classificação, ou fórmula científicas, não lhe asseguram a capacidade de utilizá-las. O “languagear”, que na visão de Maturana caracteriza e sustenta o humano, só se realiza no espaço da compreensão dos efeitos de sentido, na coordenação de coordenação de ações, que depende de uma convivência na base da confiança, da possibilidade de “errar”, de argumentar e trocar idéias sobre significados.

Não adianta o aluno memorizar que “seres vivos nascem, crescem e morrem”, isto é, possuem um ciclo vital, na esperança de que compreendam, mais tarde, como isso funciona e porque isso é assim e não de outro jeito. É preciso que estejam, ao mesmo tempo, trabalhando a percepção, que já possuem, do que seja isso no próprio corpo e no

dos demais seres, no meio social em que estão imersos e no nível de entendimento de que são capazes. Alcançar a compreensão do que é específico da ciência na significação desses conceitos depende do reconhecimento da *existência de outros significados para essa idéia*, dos limites e possibilidades de cada explicação possível para ela. Ao trabalhar um conceito científico seria necessário ao professor um mínimo de clareza a respeito de que idéias científicas têm implicações de outra natureza, importantes para o desempenho social de seu aluno. Se quisermos perturbar o dogmatismo com que fica revestido normalmente o ensino de idéias já estabelecidas na comunidade científica, quando transpostas para sala de aula, precisamos abrir espaço para a dúvida e a diversidade de concepções dessas idéias, compreendendo melhor os motivos pelos quais algumas se estabeleceram e se tornaram mais aceitas, ao passo que outras foram relegadas.

Reconhecer que idéias científicas têm uma história de desenvolvimento é muito importante, mas não basta: não adianta relatar uma de suas versões a seu aluno, ou envolvê-lo na simulação dessa história para garantir sua compreensão. As concepções prévias de seus alunos, muito provavelmente bem distantes da idéia científica a ser ensinada, existem e resistem a essa forma de ensinar. O conhecimento de aspectos históricos do desenvolvimento de um conceito científico pode ser útil ao professor no entendimento do modo de pensar ou perceber dos alunos, desde que considere que eles podem necessitar de operações lógico-matemáticas e conhecimento empírico possível ou não de seu alcance para compreensão das idéias em discussão.

3: O ANIMISMO INFANTIL

3.1: INTRODUÇÃO: OBJETIVIDADE E REALISMO

O estudo do desenvolvimento da noção de vida pelas crianças pode ser importante ponto de partida para a compreensão, pelo professor, das idéias dos alunos em geral sobre "o que é vida". Atualmente, parece amplamente aceito pelos pesquisadores mais alinhados com as correntes epistemológicas interacionistas, que o pensamento das crianças tem características próprias, coerência e integridade suficientes para assegurar a necessidade de considerá-lo em detalhe, em situações de ensino, de aprendizagem e de pesquisa em ensino.

Em suas investigações iniciais sobre a gênese do conhecimento, Piaget pesquisou o desenvolvimento da noção de vida, dentro de um contexto de investigação mais amplo, sobre a realidade e causalidade infantis. Desde essas investigações iniciais, PIAGET (1926:27) considera a criança *"não como um ser de pura imitação, mas como um organismo que assimila as coisas para si, seleciona, digere-as segundo sua própria estrutura."*

Assim, para ele, mesmo aquilo que parece ser copiado pela criança é por ela recriado e deformado; o que parece ser influenciado pelo adulto pode ser original e as palavras usadas por ambos, embora sendo as mesmas, poderão ter significados e relações completamente diferentes. Para ele, a criança assimila e deforma o significado de uma palavra da linguagem adulta segundo sua estrutura mental e constrói para ela noção própria, da mesma forma que faz com um fenômeno físico, pois o significado adulto dessa palavra pode ser tão inacessível para sua compreensão quanto o fenômeno. Como indivíduo, a criança deve adaptar-se a essa realidade simbólica tanto quanto à realidade física. É o que acontece com a noção infantil de "vida": bem diferente da noção adulta, ela testemunha uma representação de mundo completamente original, essencialmente antropomórfica e delineada por três características essenciais do pensamento infantil: realismo, animismo e artificialismo.

Neste trabalho, interessa especialmente o animismo, mas, a meu ver, ele só faz sentido dentro de um quadro mais amplo do desenvolvimento psicológico. Isso aponta a necessidade de estabelecerem-se relações entre o animismo, visão de mundo e desenvolvimento da causalidade nas crianças. Segundo o pensamento piagetiano, a estrutura mental do sujeito é constituída de elementos de natureza operatória e de natureza causal que se diferenciam ao longo da construção do conhecimento, assumindo funções específicas. A noção de causalidade representa “*a possibilidade de que existam relações entre os fatos com que o sujeito se depara e a explicação dessas relações*” (PACCA E SARAIVA, 1989).

Ao investigar as representações do mundo pela criança, PIAGET (1926), juntamente com seus colaboradores, procurou identificar sistematizações implícitas e concepções que se conservam na maneira como as crianças interpretam o mundo por meio de entrevistas clínicas e metodologia própria. Coloca inicialmente os seguintes problemas: a criança é capaz de distinguir o mundo exterior do seu eu, como faz um adulto? Saberá sair do seu eu para construir uma representação objetiva da realidade? Qual é a fronteira que a criança estabelece entre seu eu e o mundo exterior? Sua resposta é que o pensamento da criança é realista, mas ele chama a atenção para a diferença, a seu ver, entre objetividade e realismo:

“A objetividade consiste em se conhecer muito bem as mil intrusões do eu no pensamento de todos os dias e as mil ilusões que daí derivam — ilusões dos sentidos, da linguagem, dos pontos de vista, dos valores, etc. [que inicia-se por desembaraçar os entraves do eu para permitir-se julgar]. O realismo, ao contrário, consiste em ignorar a existência do eu e a partir daí assumir a perspectiva própria como imediatamente objetiva e absoluta. O realismo é, então, a ilusão antropocêntrica, é o finalismo, são todas as ilusões que abundam na história das ciências. Na medida em que o pensamento não tomou consciência do eu, ele se expõe, efetivamente, às eternas confusões entre o objetivo e o subjetivo, entre o verdadeiro e o imediato; ele enquadra todo o conteúdo da consciência sobre um único plano, sobre o qual as relações reais e as emanções inconscientes do eu estão irremediavelmente confundidas”.

Então, ser objetivo (admitir as ilusões do eu) é diferente de ser realista (ignorar a existência do eu). Maior objetividade significa maior descentração, significa admitir que as coisas podem ser diferentes de como se pensa que são, deslocando-se da perspectiva pessoal para comparar suas ações com a de outras pessoas, admitindo possibilidades diferentes das imaginadas. O realismo significa confundir o mundo com a interpretação que se faz dele.

Piaget afirma que a consciência do pensar nos separa das coisas. Alguém que ignore a distinção entre o pensamento e objetos sentir-se-á menos interior a si próprio, menos independente do mundo exterior. Tomará consciência de seus desejos e sentimentos, mas terá de si uma noção muito menos clara. Os conhecimentos dessa pessoa serão completamente diferentes em termos psicológicos: características subjetivas estarão substancializadas, localizadas nas coisas, como se fossem provenientes delas. Os sonhos, por exemplo, parecerão formar-se de fora para dentro. Os nomes estarão ligados às coisas, o pensamento é constituído por vozes na cabeça, pensar é manipular palavras. De modo oposto, os corpos exteriores poderão ser menos inanimados: estarão perpassados de intenções e vontades, serão concebidos como vivos e conscientes. Isso pode fazer sentido, por exemplo, para alguém que tenha passado pela experiência de acalmar uma criança que se machucou ao esbarrar num móvel, castigando esse objeto e fazendo-a sentir-se assim, justificada.

“Do ponto de vista da causalidade, todo o universo é passível de estar em comunicação com o eu e a ele obedecer. Há participação e atitudes mágicas espontâneas. Os desejos e as ordens do eu são considerados absolutos, porque o ponto de vista próprio é considerado como único possível. Há egocentrismo integral por falta de consciência do eu, por confusão do eu com o mundo exterior, do pensamento próprio com o dos outros.” (PIAGET, 1926: 137)

Piaget procura mostrar que o anteriormente exposto é o que acontece na criança: o pensamento da criança é realista e o progresso consiste em superar esse realismo inicial. A criança é realista porque ignora a existência do eu e a interioridade do pensamento. Um sintoma desse adualismo é a projeção: a criança fala de si na terceira pessoa como se ela se percebesse de fora de si mesma e como se suas próprias ações fossem estranhas a seu mundo interior; atribui características devidas a seus pensamentos às coisas, confundindo realidade exterior e interior; atribui estado de consciência às coisas. Por exemplo, assustada diante do fogo, poderá supor que ele é maldoso, com intenções ameaçadoras.

Os estudos piagetianos sobre realismo infantil basearam-se inicialmente nas representações que as crianças fazem sobre a noção de pensamento e sobre os limites que traçam entre o mundo exterior e interior em relação a seus sonhos e o nome das coisas. Três confusões estão implicadas aí e três dualismos nascerão da superação dessas confusões.

A confusão entre imagem e objeto, entre o signo e o significado, entre o sonho e a coisa sonhada, entre o objeto mental e a coisa que representa. As crianças consideram o

pensamento ligado à coisa em que pensam e confundem o pensamento com as coisas em que pensam, os nomes com as coisas nomeadas. Os nomes emanam das coisas, estão nelas, são descobertos olhando-se para elas. Essa confusão só desaparecerá quando houver tomada de consciência do próprio pensamento e a separação entre o objeto e a sua representação.

A confusão entre o externo e o interno, evidenciada, por exemplo, pela explicação inicial que a criança dá para os sonhos: são como quadros exteriores produzidos pelas coisas. Elas também consideram o pensamento situado ao mesmo tempo na boca e no ar. No momento em que separam o nome da coisa nomeada, as crianças começam a situar o pensamento em todo lugar onde é falado. Ele está no ar, na voz e no bafo, é “uma voz na cabeça”. Essa confusão será resolvida com a separação dos dados externos dos dados internos, com a capacidade de situar nelas mesmas o pensamento, separando-o do mundo.

A confusão entre matéria (as coisas físicas) e pensamento (o psíquico); pensa-se com a voz, o pensamento é sopro, “fumaça” (confundida com o bafo, com a voz), e somente por volta dos 11 anos o pensamento será tido como imaterial, os sonhos passarão a ser simplesmente pensamentos e as crianças farão distinção entre mundo e pensamento, situando seus instrumentos (conceitos, imagens, palavras) em si mesmas. (PIAGET, 1926: 101-104)

Descobrindo que os signos são distintos das coisas, a criança interioriza cada vez mais o pensamento. Essa diferenciação progressiva, junto com a interiorização do pensamento parece conduzir a criança a percebê-lo como não sustentado por um corpo material como uma voz, um sopro, etc. As formas mais precursoras da causalidade na criança seriam então provocadas por uma confusão entre realidade e pensamento, ou mais precisamente, por uma assimilação constante dos processos externos aos processos fornecidos pela experiência interna.

A tomada de consciência do próprio pensamento começa por volta dos 7/8 anos e depende do contato com o outro para que a criança possa dar-se conta de sua própria subjetividade e avançar na superação do egocentrismo. *Disso decorre ser a troca de idéias entre pares necessária e indispensável no processo.* A consciência da subjetividade do ponto de vista de si próprio é um elemento mínimo da consciência de si. Essa é, antes de tudo, feita pelo sentimento de originalidade das vontades, dos desejos, das afeições, etc. É provável que os primeiros sentimentos de pena e prazer, os primeiros desejos, sejam percebidos pela criança como comuns a todas as pessoas e será *à custa de*

de decepções e experimentando a resistência dos outros que ela aprenderá a subjetividade dos seus sentimentos.

A consciência da interioridade não resulta de uma intuição direta, mas de uma construção intelectual, graças a uma dissociação da consciência primitiva. Começa ainda cedo com a diferenciação entre as atividades próprias e o mundo exterior, mas essa descentração complica-se com o início do pensamento simbólico. Continua com o aparecimento das operações concretas, o que permite a descentração pela oportunidade de coordenar diferentes pontos de vista e continuará para sempre, após o nascimento típico da reflexão formal, no esforço de dissociação entre as perspectivas pessoal e coletiva.

Compreender um ponto de vista é concebê-lo enquanto *outro* ponto de vista. Isso supõe relações de cooperação entre os indivíduos agindo autonomamente, isto é, entendendo-se ou acreditando-se pares em termos de autoridade e prestígio, estabelecendo-se um diálogo com vontade de escutar e compreender o outro, tratado como legítimo outro. O ajustamento do pensamento próprio ou das ações pessoais é feito colocando-se as diferentes perspectivas em relação recíproca. A cooperação não é entendida aqui como igualdade de ações ou opiniões, mas como um processo, que é construído a partir de relações egocêntricas na direção de relações mais diversas, mais democráticas, menos coercitivas e autoritárias. A cooperação é condição essencial (embora não suficiente) do desenvolvimento individual e coletivo.

Do ponto de vista de PIAGET (1934:7) "*não há nunca objetividade completa. Na concepção de Natureza permanecem parcelas da experiência interna agarradas às coisas*". São exemplos dessas aderências: **fenomenismo** (estabelecimento de laços de causalidade entre fenômenos contíguos no tempo ou no espaço); **finalismo** (apresentação da realidade como um conjunto organizado segundo planos bem definidos e quase sempre centrados na atividade humana _ cada coisa tem uma função); **artificialismo** (atribuição de um agente fabricante, geralmente Deus ou o homem, à origem das coisas); **animismo** (atribuição de vida e consciência e, muitas vezes, de propriedades antropomórficas aos objetos inanimados); **dinamismo** (atribuição de uma energia semelhante à força muscular dos homens a movimentos de todas as espécies). SANTOS (1991:72)

3.2: O ANIMISMO INFANTIL SEGUNDO PIAGET

PIAGET (1926:139) considera como animismo *"a tendência em considerar os corpos como viventes e intencionados"* e estuda o animismo infantil sob três aspectos principais: se a criança atribui consciência aos corpos inanimados e em que medida o faz; qual é o sentido do conceito de vida para a criança e se ele inclui o conceito de consciência; e qual é o gênero de necessidade que a criança atribui às leis naturais, se uma necessidade moral ou determinismo físico.

Em suas pesquisas foram identificados quatro estágios de desenvolvimento do conceito vida. Durante o primeiro estágio, é considerado vivo tudo que tem uma atividade, função ou mesmo uma utilidade, sejam elas quais forem. No segundo estágio, a vida se define pelo movimento, todo movimento sendo considerado como tendo certa espontaneidade. No terceiro estágio, a criança distingue o movimento próprio e o movimento recebido e identifica a vida com o primeiro. Apenas no quarto estágio a vida é atribuída aos animais, ou aos animais e às plantas, como fazem os adultos em geral. *"É por volta dos 11 e 12 anos somente que esse estágio parece ser atingido pelos três quartos de crianças. Antes disto, os astros e o vento são sistematicamente dotados de vida e consciência"*. (PIAGET, 1926: 166).

Além disso, pelas suas conclusões, parece ser a noção de vida determinante da evolução de atribuição da consciência às coisas e que é depois de classificá-las em viventes e não-viventes que a criança decidirá como distribuir a consciência. A reflexão sobre vivo e não-vivo levaria a criança a discernir tipos de movimentos e a consideração desses tipos (movimento próprio ou não) influiria sobre a atribuição de consciência às coisas. É a partir daí que Piaget conclui a extrema importância que a explicação do movimento teria para a criança. A extensão da noção de vida parece indicar a presença, no universo infantil, de uma continuidade entre as forças livres, de atividade, de intencionalidade. Seria uma noção intermediária entre a causalidade mágica, pela qual todas as coisas giram em torno do eu e o dinamismo da força substancial. Nascida da idéia de que as coisas têm um fim (propósito) e que esse fim sugere uma atividade livre para ser atingido, a noção de vida reduzir-se-ia pouco a pouco, a de força, ou a de causa do movimento próprio.

No pensamento infantil, o mundo é povoado de seres regidos muito mais por leis morais e sociais do que por leis físicas. A espinha dorsal do animismo infantil seria a crença em que os seres naturais são conscientes na medida em que têm uma função a

preencher na economia da natureza. O animismo infantil, na análise de Piaget, parte de uma representação do mundo completamente diferente daquela do senso comum da maioria dos adultos. Esses últimos usariam, para distinguir seres vivos de inanimados, principalmente, a idéia de que os corpos vivos nascem, crescem e morrem. Mas a maneira de as crianças conceberem “crescer”, por exemplo, é diferente, no sentido de “estar animado por um movimento próprio” e para ela, quase todos os corpos “nascem” e “crescem”, havendo continuidade perfeita entre todos os seres da natureza. O senso comum adulto usa também o princípio da inércia para diferenciar seres vivos (que criam movimento) de corpos inanimados (que dispõem apenas de movimento recebido) mas essa distinção é bastante recente em termos de hábitos intelectuais da humanidade. Também para a criança, essa distinção iniciaria, por exemplo, com a curiosidade pelo funcionamento mecânico das coisas e necessidade de explicá-lo.

O animismo infantil *não seria assim uma construção refletida sobre o que é a vida*, uma forma “primitiva”, “errada”, “inadequada” ou “ingênua” de considerar a vida. Seria uma consequência de um modo próprio de interpretar o mundo, um ponto de partida que concebe a vida como sendo universal, indiferenciada da idéia de inércia. Seria consequência de uma crença implícita na existência de uma vontade mínima nas coisas, não necessariamente pessoal, para que elas exerçam suas funções. Em outras palavras, uma confusão entre intencionalidade e atividade.

Do ponto de vista piagetiano, a diferenciação das causalidades intencional e mecânica é que permitirá à criança desvencilhar-se de explicações animistas para os fenômenos. Assim ela poderia chegar à construção de modelos explicativos para o vivo e inanimado, senão idênticos aos da ciência contemporânea, pelo menos como o da maioria dos adultos.

Mas essa é uma construção refletida e difícil, não apenas do ponto de vista cognitivo, como também do ponto de vista afetivo. Segundo o pensamento piagetiano, uma relação causal não pode ser obtida por observação direta de regularidades e descrições, por melhores que sejam, pois deve estar incluída num sistema explicativo da qual é inferida. Desse modo, num sistema a ser explicado, a explicação dá conta não só de prever um determinado resultado de transformação de um estado inicial para um final como da necessidade de que esse resultado seja de determinado modo e não de outro. Assim a relação não “está” no objeto e tem o mesmo caráter abstrato das operações, sendo atribuída ao objeto pelo sujeito que a realiza. Está incluída dentro de um quadro de

novas possibilidades engendradas pelo sujeito para elaborar um novo modelo ou teoria que admite novas propriedades para o objeto (PACCA e SARAIVA, 1989).

Diferenciar o mundo vivo do mundo inanimado dependeria, portanto, não apenas de reconhecer atributos e qualidades desses seres tal como fazem os adultos, mas do desenvolvimento da estrutural mental do sujeito, tanto do ponto de vista de seus elementos de natureza operatória quanto de natureza causal. Ora, isso depende da construção de novas teorias, da reconstrução de novas representações de mundo. Mas, mesmo que um indivíduo seja plenamente desenvolvido (com referência ao sujeito epistêmico piagetiano) nesses aspectos, depende também especificamente da oportunidade que lhe tenha sido oferecida socialmente para tal e da necessidade e importância cultural, numa determinada sociedade, da reconstrução de uma teoria para *esse tema específico*.

Dai a importância, para o ensino, de diferenciarem-se mecanismos cognitivos do sujeito, biologicamente determinados, e que portanto a sociedade não poderia modificar, (os mecanismos de assimilação e acomodação, a equilibração majorante, a sucessão da tríade intra, inter e trans, necessários segundo a teoria psicogenética) do *modo* como a sociedade pode modificar as relações entre o sujeito e o objeto na medida em que lhe dá importância ou não, apresenta ou não, em um contexto ou outro, atribuindo-lhe diferentes significados sociais, o que também determinará o significado final total desse objeto para o sujeito.

As investigações de Piaget e colaboradores sobre o desenvolvimento de certas noções nas crianças não foram realizadas com o propósito pedagógico de ensinar essas noções mas sim com a finalidade de inferir a validade ou não da existência de estágios nesse desenvolvimento e a universalidade ou não de suas características. Interpretações do pensamento piagetiano, centradas na idéia de desenvolvimento conceitual reduzido apenas à seqüência necessária e sucessiva de estágios a serem ultrapassados em cada noção, tendem a questionar a superação do pensamento animista e antropomórfico infantil pela descentração e desenvolvimento das estruturas operatórias, pela diferenciação das causalidades intencional e mecânica.

CAREY (1985), em um estudo da aquisição de conhecimento biológico na faixa etária de 4 a 10 anos, argumenta que os resultados de suas investigações indicam uma reestruturação do conhecimento das crianças sobre animais e seres vivos. Propõe que essa reestruturação possa ser vista como uma mudança de teoria envolvendo reestruturação

conceitual, como a emergência de uma nova teoria²¹, que ela denomina biologia intuitiva, a partir de uma precedente, que ela denomina teoria do comportamento animal.

CAREY(1985:39), embora discorde do modelo de tratamento dado por Piaget ao fenômeno do animismo, afirma que a atribuição animística de vida é um fenômeno importante, real, não se tratando de um artefato, e suportado por dados replicados por extensas revisões (LOOFT E BARTZ, 1969, LAURENDEAU E PINARD, 1962). Ela confirma que o significado da palavra "vivo" muda com a idade e que o conceito subjacente de "vida" desenvolve-se durante a infância, atingindo sua forma adulta por volta dos dez anos. Ela também concorda que o desenvolvimento dos conceitos de seres vivos e animais esteja entrelaçado com o de explicações causais e que a separação da causalidade intencional de outros tipos de causalidade seja central ao longo das idades de 4 a 10 anos.

Mas, para ela, a causalidade mecânica não é o ponto de debate. Essa autora coloca o problema do animismo como o reflexo de uma confusão semântica. Afirma que um componente desse fenômeno é que crianças novas não interpretam a questão *do jeito que o pesquisador pretende*. Argumenta que os padrões de atribuição de "vivo" pelas crianças são inferidos de respostas que são uma consequência do seu entendimento das questões propostas pelo experimentador de um modo diferente do que ela considera por ele pretendido. Discorda, portanto, da caracterização do desenvolvimento do significado de "vivo" nos estágios estabelecidos por Piaget, e também dos reencontrados por Laurendeau e Pinard. Afirma que as crianças, não menos que os adultos, não dispõem de definições simples do que seja vida e que o mecanismo que usam para avaliar não difere, em natureza, daquele dos adultos: ambos apelam para um corpo de conhecimento sistemático mais do que para um critério único. Finalmente, ela coloca o desaparecimento de atribuições animísticas não no aumento da distinção entre causalidade intencional e mecânica, mas no desenvolvimento do conhecimento biológico. Assim, ela propõe pensar a mudança conceitual e a reorganização de conhecimento no contexto de mudanças de teorias.²²

Não julgo oportuno discorrer aqui sobre minhas objeções às interpretações que a autora faz do pensamento piagetiano. Discordo da suposição da autora de que, no caso da

²¹ A autora argumenta que conceitos ontológicos importantes precisam ser vistos no contexto da teoria em que estão embutidos e que fazer isso tem profundas implicações para o estudo do desenvolvimento cognitivo. Usa teoria não só em um sentido mais restrito, relativo às teorias científicas, mas também num sentido mais amplo, incluindo as visões de mundo infantis enquanto modelos explicativos. Explicações, sendo centrais em teorias, as distinguiriam de outras estruturas conceituais.

reestruturação do conhecimento biológico na infância, “o estado inicial²³ da criança poder ser descrito dizendo-se que elas são dotadas, de modo inato, com dois sistemas teóricos: uma física e uma psicologia ingênuas [no original, naïves]”. Mas penso que CAREY, ao chamar atenção para os problemas semânticos e as lacunas de conhecimento biológico que, a seu ver, sustentam o animismo, enriquece bastante o que já expusemos anteriormente.

Ao investigar o fenômeno da atribuição de vida a objetos inanimados, CAREY (1985:25) experimenta propondo às crianças dar exemplos de seres vivos e não-vivos, e identificar elementos vivos e não-vivos na série de figuras usadas nos experimentos de Laurendeau e Pinard. As crianças foram encorajadas com frases do tipo “_ Como você sabe disso?” para responder o que significa “ser vivo”. Sua investigação objetiva saber se uma criança estaria buscando fazer uma classificação biológica, tal como um adulto faria (seja distinguindo animal de não-animal ou vivo de inanimado) para justificar suas respostas. Objetiva também obter mais informação direta sobre que distinção conceitual a criança usaria para contrastar “vivo” e “não-vivo, espontaneamente”.

Um dos resultados interessantes apontados pela autora foi a dificuldade que as crianças apresentavam para exemplificar seres “não-vivos”.

“Algumas crianças permaneceram mudas, enquanto outras deram exemplos de coisas não-vivas que refletiam uma distinção diferente da pretendida pelo experimentador entre elementos animados e inanimados. Essas eram de três ou quatro tipos:

a diferença entre vivo e morto: “animais mortos”, “George Washington”;

a diferença entre real e imaginário: “monstros”, “fadas”;

a diferença entre objetos e representação: “quadros”, “gente na TV”;

a diferença entre “dinossauros” vivos e extintos (essa pode ser a mesma distinção entre vivo e morto, ou entre real e imaginário dependendo das crenças da criança sobre dinossauros)”.

As respostas das crianças estariam repletas de evidências lingüísticas para essas interpretações: “não-vivo” significa, para elas, “morto”, e, às vezes, “extinto”. Asseguram que uma imagem em um filme, livro ou televisão não é “viva” ou “real”. As interpretações prováveis estão conceitualmente muito entrelaçadas e bastante relacionadas ao conceito infantil de morte. Esse, por sua vez, estaria intimamente ligado

²³Estado inicial seria o especificado em relação a uma mudança conceitual particular em consideração. A autora considera o estado inicial, no caso da mudança que levará ao estado final por ela denominado “conhecimento biológico intuitivo”, uma psicologia primitiva, para cuja construção todas as crianças seriam dotadas com as ferramentas necessárias, do mesmo modo como seriam para construir uma mecânica intuitiva e a linguagem humana.

ao de não-existência (no sentido de não poder mais ser percebido), conforme encontrado por ela em entrevistas clínicas com crianças pré-escolares.

Na minha interpretação, sem abandonar a importância do aspecto semântico do problema, mas, ao contrário, reconhecendo sua importância e complementariedade, o trabalho de Piaget, ao estudar a noção que as crianças designam pela palavra "vida", já parte do pressuposto de que elas dão significado diferente daquele atribuído pelo adulto. Ele não afirma, como diz a autora, que as crianças usem conscientemente um critério único para designar vida em cada um dos estágios por ele identificados. Definir vida, ainda que de modo intuitivo, simplesmente não é um problema para a criança, nem uma tarefa que ela se proponha espontaneamente a fazer, para, por indução, atribuir a existência dessa qualidade nas coisas e talvez ela não faça isso nem para si mesma. Pelo contrário, Piaget afirma que a idéia de vida é *assimilada* à idéia de movimento e essa, por sua vez, com um significado também diferente do que lhe atribui o adulto. Mais tarde, a criança *associa* essa idéia de vida à de movimento próprio.

É interessante que as diferenças encontradas pela autora enriqueçam de exemplos o que Piaget designa como características do pensamento realista, ao qual ela não se refere. A criança parte da crença de que todas as coisas são vivas, como ela mesma percebe-se viva e ativa, sensível e intencional, e usa a palavra vivo com um significado radicalmente diferente daquele usado pelo adulto em geral. Então, sob o impacto emocional da transição da existência para não-existência, depois de aprender, por exemplo, que alguém que morre deixa de ser percebido e de existir fisicamente, a criança poderia incluir numa mesma categoria, a de não-vivo, *todo elemento que não tenha existência física como por ela assimilada*: os mortos, os imaginados e os representados. Poderia, ainda, não ser capaz de citar exemplos de seres inanimados que se enquadrariam na classificação que um adulto faz, como artefatos, rochas, vento, nuvens, montanhas, etc. Ainda que já perceba diferenças entre um organismo vivo e uma forma de sua representação física ou mental, a criança percebe também a existência física desses corpos ditos inanimados pelos adultos. E essa percepção, assim como as relações por ela estabelecidas a seu respeito, estariam acontecendo dentro do seu modelo explicativo, dentro de uma visão de mundo que parte de um só modo de existir para os corpos físicos: vivos, da forma como assimila o que é vivo: "animado por um movimento próprio", com uma forma de pensar onde se manifestam o dinamismo, o artificialismo, o finalismo.

3.3: EXEMPLOS EM SALA DE AULA

PIAGET(1926:192-194) distingue o animismo difuso (tendência a confundir o vivo e o inerte) do animismo sistemático (crenças animistas explícitas que a criança expressa e cuja prova mais clara consiste na persistência da afirmativa que os astros a seguem) e usa a não-dissociação para explicar o primeiro e a introjeção para explicar o segundo. O realismo propriamente dito difere do animismo porque constitui uma não-dissociação primária que

consiste em localizar nas coisas aspectos pertencentes ao espírito mas que o espírito ainda não sabe que lhe pertencem (os nomes, por exemplo). Ao contrário, a não-dissociação que caracteriza o animismo é uma não-dissociação secundária que consiste em atribuir às coisas caracteres análogos aos que o espírito atribui a si próprio: a consciência, a vontade, etc. ”

Mas não haveria aí “projeção”. Isso seria propor um mundo independente do espírito, transpor para o mundo exterior os conteúdos internos da consciência. Para Piaget, a realidade biológica é a continuidade das trocas: a assimilação do meio pelo organismo e a transformação do organismo em função do meio. Isso supõe dois pólos, mas não admite o emprego ilegítimo e ontológico dos termos interior e exterior; cada um desses pólos está em constante relação de equilíbrio e mútua dependência com o outro. Esse é o “real” a partir do qual a inteligência recorta, pouco a pouco, um eu e um mundo exterior a esse eu. Dizer que o ponto de partida do eu confunde-se com o mundo é, pois, substituir a noção de projeção inexplicável do “eu” nas coisas, pela noção de assimilação do mundo exterior pelo eu. O que a não-dissociação secundária acrescenta à primária é o que caracteriza a construção da noção de objeto: as qualidades não são mais atribuídas a toda a realidade, mas agrupadas em feixes individuais. Mas para construir objetos o espírito realista usa categorias que unem termos que são [para nós] objetivos e subjetivos, mas que [para ele] são concebidos como necessariamente ligados. É assim que o Sol é concebido como um objeto conscientemente brilhante, aquecendo-nos intencionalmente e movendo-se graças a uma vida própria.

Pelo menos o animismo difuso resulta da não-dissociação das noções primitivas e unicamente o progresso na consciência de si mesmo (que resulta da vida social e da comparação como o outro), nem simples nem espontâneo, poderia levar à superação da não-dissociação, tão durável e resistente. Entretanto isso não basta porque a

autocentração persiste na atribuição de qualidades análogas às percebidas em si mesmo e isso só poderá ser superado com a necessidade de abertura de novas possibilidades de ser. Mas qual a experiência direta que poderia, no cotidiano, levar a criança a conflitar suas observações fortuitas do movimento dito aparente do Sol e descobrir que um movimento não é intencional ou que uma atividade não é consciente?

O animismo espontâneo, em suas origens, é complementar ao artificialismo, estando ambos relacionados à idéia de uma natureza plena de intencionalidade, onde todos os elementos têm uma razão de ser, uma espécie de função que cada corpo é chamado a exercer, evidentemente em função do ser humano (e daí sua relação com o finalismo), onde não há lugar para o acaso e a necessidade mecânica. A pré-causalidade, nesse entendimento, supõe uma indiferenciação entre o psíquico e o físico, de tal maneira que *a causa de um fenômeno não é procurada como sua realização física, mas na intenção que está em seu ponto de partida*. É nesse sentido que o animismo se relaciona ao artificialismo, pois intenção supõe discernimento, sem o qual determinado elemento não exerceria sua função. O raciocínio anterior não é formulado assim pela criança, mas, percebendo as coisas inicialmente como intencionais, só mais tarde ela diferenciaria essas intenções localizando-as nas próprias coisas (animismo) ou nos fabricantes dessas coisas (artificialismo).

A evolução do artificialismo proposta por PIAGET (1926:300) parte de um artificialismo difuso (em que a natureza é concebida gravitando em torno dos seres humanos) para um artificialismo mitológico (com explicações formuladas mais com base em certos mitos) e para um artificialismo mais técnico ou mitigado, mais centrado na preocupação com o “*como*” as coisas são fabricadas, com certa renúncia à onipotência humana. A criança continua a atribuir aos seres humanos a configuração geral das coisas, mas limitando sua ação a operações tecnicamente realizáveis. Finalmente, num último estágio, chamado de artificialismo imanente, a idéia de que a natureza seja fabricada pelo ser humano desaparece totalmente. Mas o artificialismo em si não desaparece, sob a forma humana ou teológica pois é transferido para a própria natureza que, como se fora herdeira desse, fabrica as coisas tal como um operário ou artista. O finalismo sobrevive com tenacidade nos últimos estágios do artificialismo: mesmo quando a origem do Sol é concebida inteiramente independente do ser humano, ainda assim ele “*existe para nos aquecer*”, as nuvens *para* trazer chuva e a geração dos corpos é comparável à idéia de um nascimento. É enfim a idéia da força substancial, *de atividade espontânea atribuída a cada coisa*, de modo análogo às idéias aristotélicas.

Para encontrar alguns exemplos das idéias até aqui discutidas, contei com a colaboração de uma colega²⁴ que, em 1996, acabava de ensinar o tema Estrutura da Terra, em turma de escola pública mineira. Ela estimulou seus alunos de 5ª série a representar, por meio de desenhos, como eles pensavam que surgiram as montanhas ao sul de nossa cidade, Belo Horizonte. Fiz isso consciente de que, ainda mais após o ensino de determinado conteúdo, ao propor questões aos alunos, corremos o risco de obter simples verbalizações, repetições de frases escritas em livros ou ditas pelo professor, idéias em que eles mesmos não acreditam ou sequer se questionaram a respeito. Não tendo acesso direto aos alunos, fiz a suposição de que, pedindo que representassem suas idéias por meio de desenho, poderia propor uma situação mais favorável a suscitar crenças refletidas ou desencadeadas e mesmo crenças mais espontâneas, ainda que talvez aumentasse um pouco a probabilidade de respostas que não considerassem o problema proposto. Nessa faixa etária, muitos alunos já têm de si a avaliação de que “não sabem desenhar” e podem, por exemplo, sentir-se inibidos ao invés de estimulados por tal tipo de tarefa.

Ao usar o desenho como material de investigação, partimos do pressuposto de considerá-lo como uma linguagem, como forma de representar que necessariamente inclui um modo de conceber o que está sendo representado, “*uma forma de construção do pensamento por meio de signos gráficos, uma maneira de apropriação da realidade e de si mesmo*” (DERDYK, 1989:108). Mesmo quando tentamos copiar por meio de uma imagem um objeto com que nos deparamos pela observação direta e o representamos de uma forma mais técnica, tentando reproduzi-lo tal como ele é, respeitando regras de perspectiva, por exemplo, ainda assim existe um componente perceptivo, ligado ao modo como concebemos esse objeto: ele é assimilado e mesmo deformado pelo modo como é (pré)concebido. Mesmo ao imitar um traço gráfico, uma imagem ou esquema de livro, existe sempre um componente individual perceptivo, na seleção de alguns aspectos em detrimento de outros. “*O desenho é o palco para onde convergem os elementos formais e semânticos originados pela observação, pela memória e pela imaginação*” (DERDYK, 1989:115). Assim, o desenho poderia ser considerado uma forma de representar que pressupõe idéias e crenças subjacentes.

A professora permitiu e estimulou os alunos complementar seus desenhos com legendas e frases. Mesmo assim, não desconheço que permaneceram todas as dificuldades e restrições relativas à tarefa de inferir idéias e concepções implícitas a partir

²⁴ Agradeço a colaboração da Profa. Esp. Rosângela Rocha neste trabalho.

de qualquer forma de representá-las ou comunicá-las, pois não existe uma correspondência direta e total entre elas. Essa tarefa, é claro, supõe hipóteses prévias realizadas pelo experimentador. Além disso, as respostas para um problema proposto são sempre relacionadas ao contexto em que foram produzidas e seriam provavelmente diferentes em outro contexto pois, quem responde, o faz diante de expectativas que supõe, buscando atingir aprovação ou satisfação. Mas a intenção, como já disse, era mais exploratória do que sistematizada.

A proposta da professora foi, basicamente, perguntar às crianças se as montanhas sempre existiram ou se elas tinham uma história, e pedir que representassem, por meio de desenhos, como achavam que as montanhas surgiram. Analisamos um total de 96 desenhos feitos pelas crianças e, considerando os resultados obtidos apenas como um estudo exploratório, apresento alguns exemplos que julgo significativos. Nessa situação investigada, o animismo difuso, infantil, poderia estar superado, restando ainda certo artificialismo mitigado, o dinamismo ou o finalismo.

As representações obtidas apresentaram traços de animismo, dinamismo, fenomenismo ou de artificialismo, ainda que imanente. O esforço que as crianças fizeram para formular suas explicações esteve, de modo geral, centrado em representar de onde surgiram as montanhas. Esse "onde" é entendido: às vezes no sentido de local (a posição das montanhas acima do nível do chão e sua posição relativa a outros elementos da paisagem, especialmente a vegetação e as construções humanas); às vezes de constituição material (de terra no sentido de solo, ou da aglomeração de ciscos, ou de magma como sendo algo que jorra de baixo do chão para cima dele, por meio de vulcões); às vezes de fabricação (o ser humano, a natureza, o tempo, o vento ou os vulcões como agentes ativos); às vezes de forma (o formato arredondado semi-esférico das montanhas em contraste com o plano do chão ou com formas anteriores com arestas e ainda múltiplas montanhas a partir de uma única) ou combinações desses, sempre a partir de algo pré-existente.

Os tipos de respostas encontram-se registradas na tabela do anexo I deste trabalho. Do ponto de vista do aluno, seres inanimados também podem nascer, crescer e morrer, pois ele assimila esses conceitos segundo sua visão de mundo. Nesse caso, essa definição de seres vivos, usada corriqueiramente e de modo direto para distingui-los dos inanimados, não garante, por si, o entendimento adequado pelos alunos dessa distinção. Seguem-se alguns exemplos e suas interpretações.

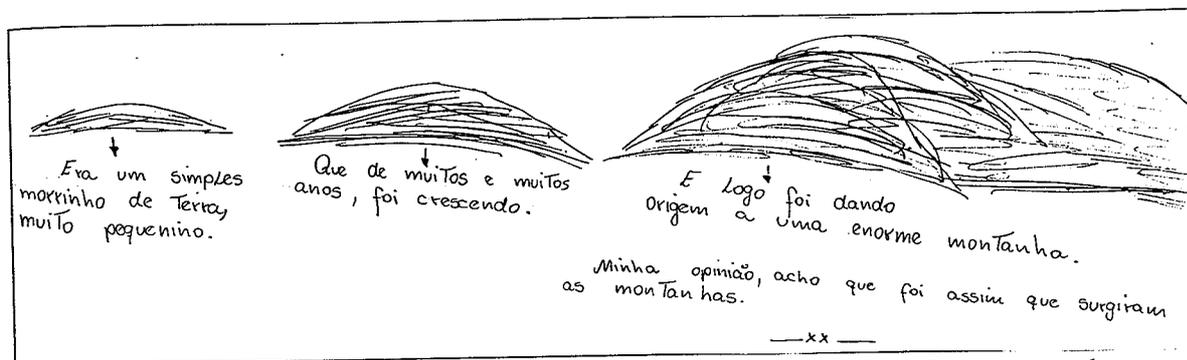


FIGURA 2: Nessa resposta, crescer é “aumentar de tamanho”, quase que animado por um movimento próprio, no sentido de transformar-se por uma atividade da própria montanha. (Animismo e dinamismo.)

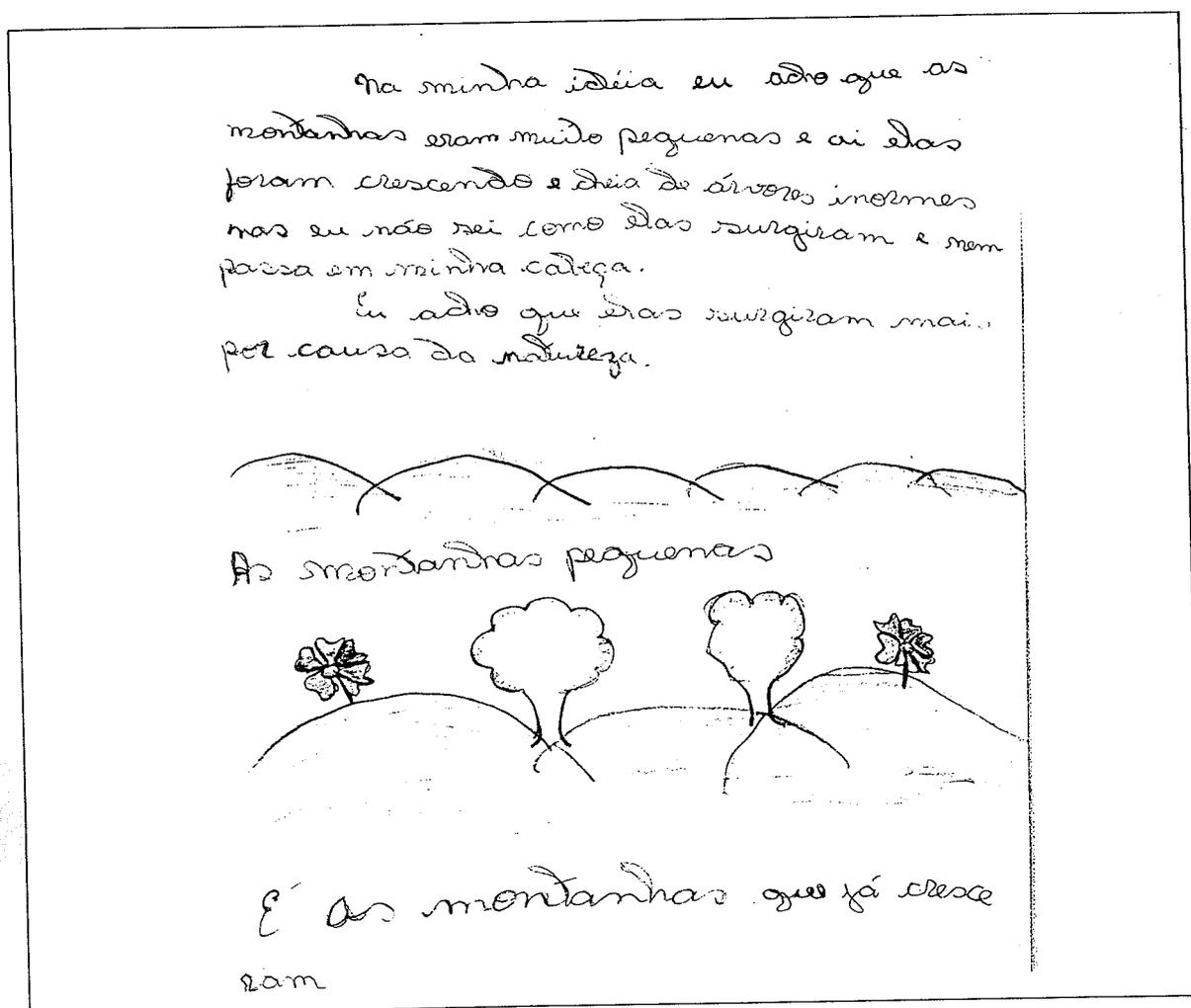


FIGURA 3: Nessa resposta identificamos em exemplo de artificialismo imanente (natureza como agente fabricante).

Outros exemplos de artificialismo, um mais teológico e outro mais técnico, encontrados em trechos extraídos dos trabalhos dos alunos são: *"Para mim as montanhas nascem como um bebê mas não com dois humanos mas sim com um Jesus".* *"Na minha opinião as montanhas surgiram através da ação do homem. O homem descobriu jazidas de minério em um terreno planos. O homem foi cavando, cavando até que deu origem as montanhas em Minas Gerais, por causa da riqueza de pedras, carvões, ouro, cobre, bauxita, urânio, chumbo até que deram origens as montanhas".*

Outro exemplo de dinamismo pode ser observado na explicação: *"Elas [as montanhas] devem ser formadas de terra que juntam e com o vento, as chuvas, ganham uma forma. Também pode ser uma glomeração de terra e pedra."* Nesse caso, terra, pedra, ventos e chuvas são dotados de uma força substancial. Pequenos pedaços de matérias heterogêneas podem aglomerar-se ou separar-se, produzindo coisas diferentes, numa atividade que é própria e espontânea por parte desses fragmentos.

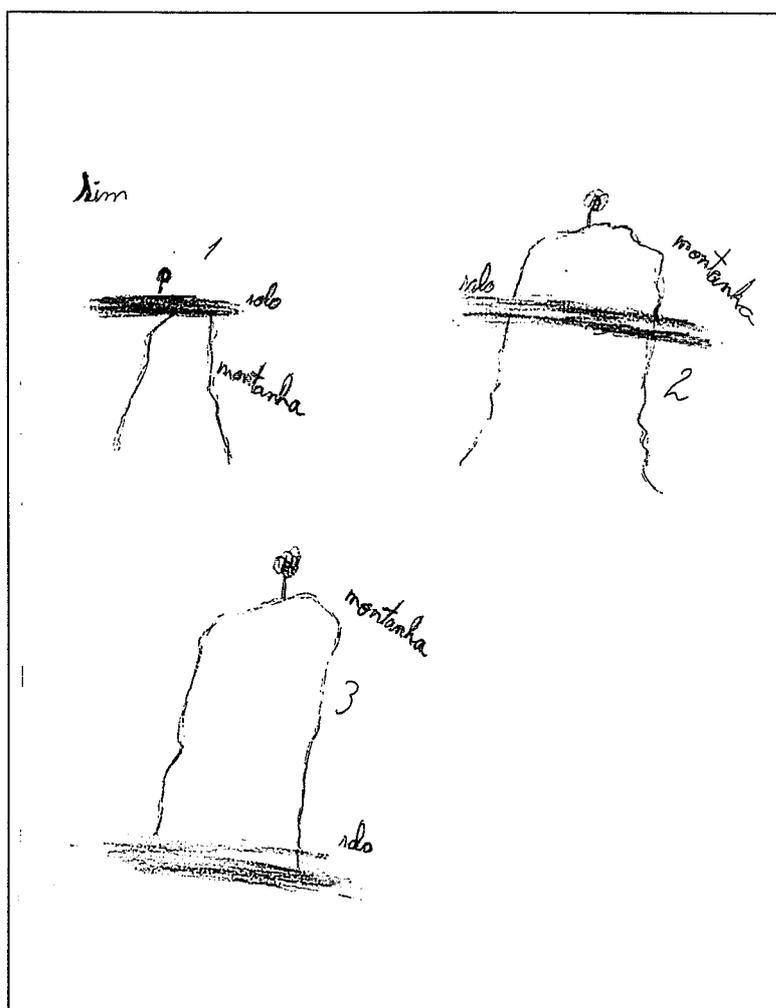


FIGURA 4: Representação de como surge uma montanha.

No exemplo de dinamismo ilustrado pela figura ao lado é como se a montanha emergisse do solo por uma força dela própria, análoga à nossa.

Percebo também finalismo: a montanha tende a ocupar seu lugar "natural" acima do chão. Tão natural quanto o da árvore que continua representada em cima dela.

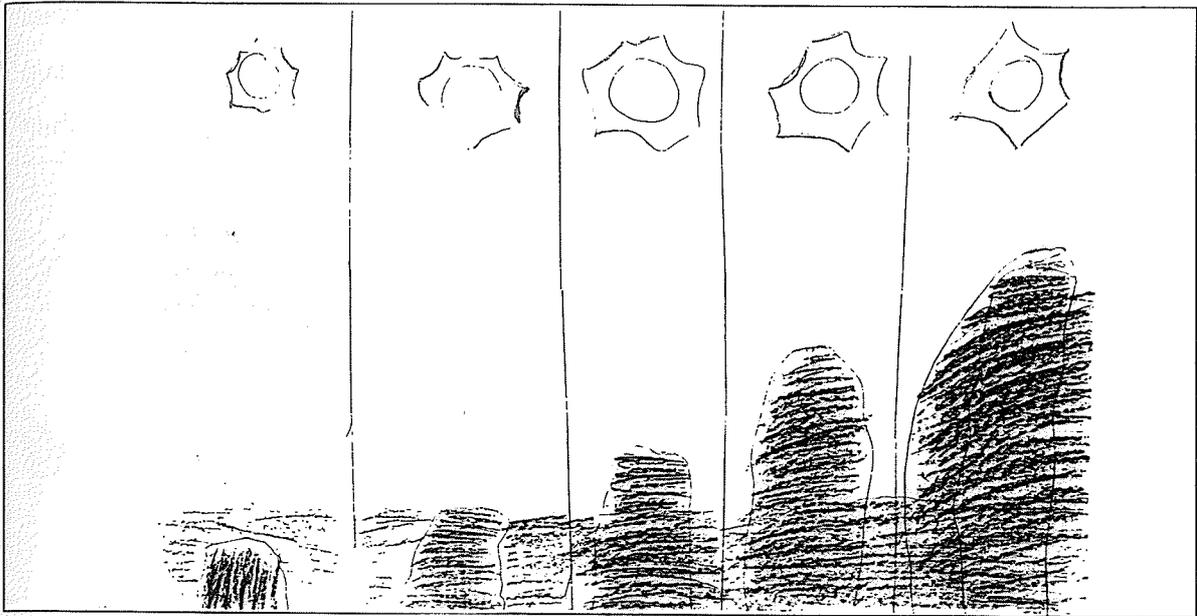


FIGURA 5: Outro exemplo de dinamismo. A montanha emerge "pronta", é quase um nascer.

Na figura 6, observo finalismo na necessidade de explicar como o "lugar natural" da vegetação, acima do solo, pode ser conservado na transformação da forma do chão plano para a forma semi-esférica de uma montanha.

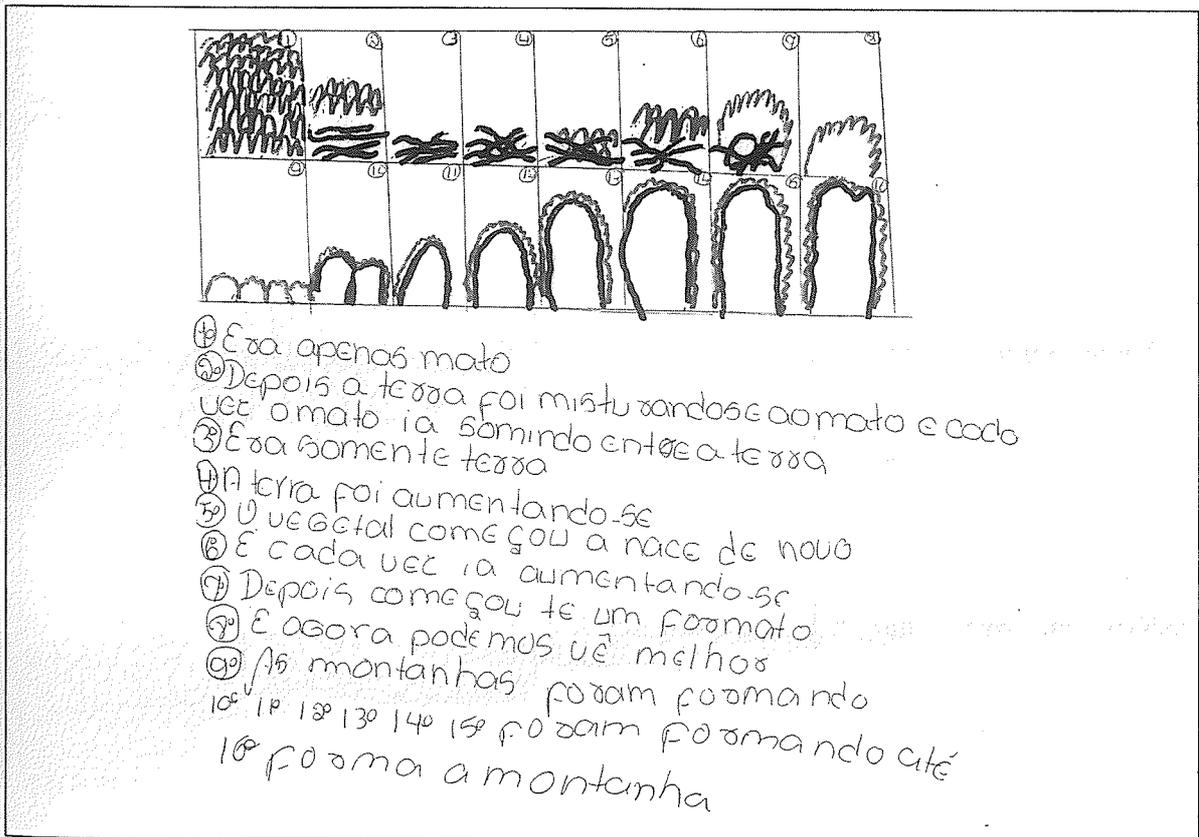


FIGURA 6: Note-se a expressão "ia aumentando-se" referente ao terceiro quadrinho, sugerindo também dinamismo.

Na figura 7, o dinamismo pode ser inferido na explicação do vento para o endurecimento do magma, uma coisa que flui como um líquido entendido como água, que, se retirada, provocaria o desaparecimento dessa qualidade. Falta considerar variáveis como temperatura e pressão que, com certeza foram abordadas pela professora.



FIGURA 7: O vulcão jorra magma que o vento "secou", secar entendido como endurecer.

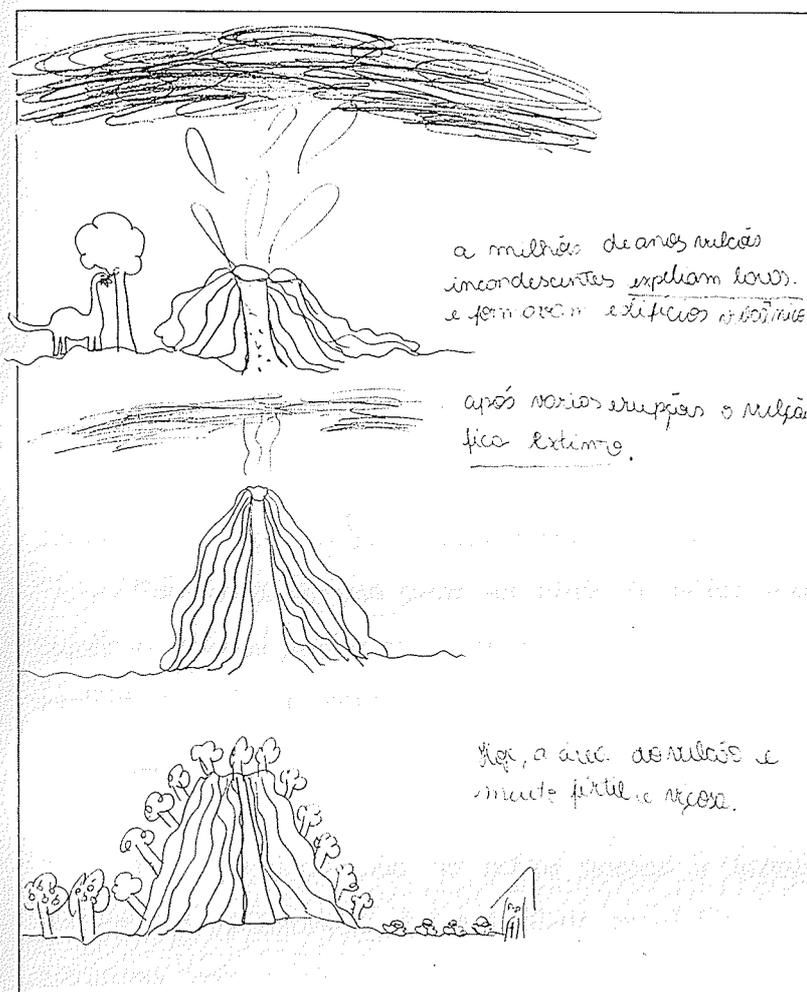


FIGURA 8: Representação de como se formam "montanhas de rochas magmáticas vulcânicas".

Pergunto: como compreender a saída do magma de um vulcão, sem a noção de gravidade e pressão das camadas externas sobre as mais internas da Terra? A ação do vulcão fica revestida de dinamismo. Mesmo em representações mais sofisticadas, como a da figura ao lado, percebemos, pelo desenho das árvores em cima do vulcão extinto, que pode faltar a noção de gravidade referenciada ao centro da Terra.

Um argumento encontrado na literatura sobre ensino de ciências para questionar a importância da superação do animismo é o de que ele permanece como forma de explicação entre crianças de todas as idades, entre adultos e mesmo na ciência, não sendo prerrogativa infantil, nem forma de pensamento “menos desenvolvido”. WATTS e BENTLEY (1994), por exemplo, num artigo tão polêmico quanto interessante, defendem a maior exploração do potencial pedagógico das idéias animistas e antropomórficas para *“atrair maior interesse e amenizar a alienação das mulheres jovens pela ciência, diminuindo um pouco a barreira que representa para elas, a natureza mecanicista das idéias científicas”*.

Concordo com a maior parte do que eles expõem, mas argumento que há uma enorme diferença quando um adulto diz que “o carro morreu”, um químico diz que “um elétron *excitado salta* de um nível orbital para outro” ou um físico diz que “uma característica de determinada subpartícula atômica é o *charme*”, que determinado material *resiste à passagem* da corrente elétrica” ou um biólogo afirma que “um rio está *morto* devido à poluição”. Essa diferença consiste em fazer uso dessas expressões com a consciência do uso de uma linguagem metafórica, de modelos explicativos, por razões diversas, até mesmo pragmáticas.

Entendo que o uso dessas expressões ou conotações animistas e antropomórficas não pode ser considerado um erro em si. Nesse caso, nem sempre elas se enquadrariam no pensamento dito realista por Piaget, pois o pensamento por ele considerado animista não é simplesmente o emprego de significados, conotações ou metáforas antropomórficas para explicações causais, mas fazê-lo sem a consciência disso, como se as coisas fossem como pensamos que são, em ausência de descentração.

Entretanto, se isso pode ser óbvio (e talvez justamente porque o seja) para cientistas, muitos professores e autores de obras didáticas, não o é, de modo algum, explícito e óbvio ou sequer questionado pelos alunos. E isso contribui para sustentar-se, no ensino, a confusão tão freqüente entre objeto e modelo (representação), entre o psíquico e o físico.

Esse problema não se refere apenas a aspectos do desenvolvimento do pensamento operatório e da causalidade envolvidos nos processo de construção de estruturas, pois o que possibilita a construção dessas estruturas pelo sujeito é sua interação com o meio, não apenas meio físico como também o sócio-histórico e cultural. E, se há aspectos determinantes desses processos por parte do sujeito, relacionados ao modo como ele constrói seus sistemas de significações, existem outros que são

determinados pelo meio sócio-histórico cultural, como por exemplo, o contexto em que o objeto a ser assimilado pelo sujeito está inserido. Em termos de linguagem, por exemplo, o mais comum é lidarmos com as palavras de um modo fortemente autocentrado, como se elas tivessem um único significado, escapando, inclusive, de pesquisadores em ensino, professores e autores de obras didáticas, a admissão da possibilidade, no diálogo, de efeitos de sentido diferentes dos pretendidos.

Ainda em 1926, Piaget alerta para o fato de acontecer, na linguagem adulta e infantil, fenômeno análogo ao da convergência adaptativa em biologia. Na interação com o meio, a forma final pode ser semelhante, mas os conteúdos das formas são diferentes. Em ambos os casos temos um fenômeno histórico determinando isso: novas formas só podem ser elaboradas em novas interações com o meio *a partir de* estruturas pré-existentes, integradas e reformuladas em novo conjunto de relações e transformações. A criança não se dá conta das conotações e metáforas da linguagem adulta, do “como se”, mas assimila essa linguagem do meio à sua maneira, muitas vezes “ao pé da letra”, como dizemos. Por sua vez, o adulto, ao atribuir nomes a novas idéias, novos conceitos, só conta inicialmente com suas próprias estruturas, seus próprios sistemas de significações.

“O pensamento cria a linguagem, depois a ultrapassa, mas a língua jorra do pensamento e tenta aprisioná-lo.” Essa citação, do próprio Piaget, (1926:202) é um exemplo redundante de suas próprias idéias. É tão espontâneo e socialmente aceito falarmos assim que não estamos longe de considerar que isso seria adequado *em qualquer contexto, quase uma norma*, sem nos questionarmos sobre as considerações tão em voga sobre os efeitos de sentido no discurso. É nesse sentido que a linguagem cotidiana poderia ter ação cristalizadora, “aprisionando” o pensamento, criando obstáculos à negociação de significados e à mudança dos sistemas de significações.

Pergunto: a chance de nos indagarmos sobre metáforas, analogias e modelos, usados em ciência e seu ensino, não seria um caminho fundamental para interações mais adequadas com nossos alunos?

Concordo que seja vão querer extirpar expressões e conotações animistas da ciência da sala de aula, mesmo porque isso não acontece no mundo da ciência nem no cotidiano onde elas são e, provavelmente, continuarão a ser empregadas. A influência desses contextos não pode ser desprezada. Essa forma de explicar pode ser muito útil (no sentido de operacional), tanto do ponto de vista de diagnóstico quanto do progresso das idéias dos alunos. Progresso aqui não significa abandonar o uso de expressões dessa natureza, ou essa forma de explicar. Significa integrar e reformular essas idéias, significa

a diferença entre fazer uso de explicações animistas de modo inconsciente ou consciente do uso de um modelo explicativo e suas limitações.

No ensino formal, desde as séries iniciais, os temas seres vivos e inanimados e características dos seres vivos são trabalhados. Mas, na pesquisa de concepções espontâneas, encontramos a persistência do uso de modelos diferentes dos científicos mesmo em estudantes mais adiantados, em situações diferentes das tradicionalmente memorizadas, ainda que no contexto escolar (BRUMBY, 1982).

Em trabalhos mais recentes, ROLLAND e MARZIN (1996) investigaram como os alunos do sexto ano escolar (11-12 anos) representam o "vivo" e quais critérios empregam para atribuir ou não vida aos seres vivos e inertes. Esses autores afirmam que também na França o conceito de vida é raramente ensinado. Após análise histórica do conceito de vida, afirmam que o fato de o ensino de biologia não se interessar pela construção do conceito de vida pode ser entendido quando se considera que essa ciência funciona dentro de um quadro atual que é essencialmente mecanicista. A seu ver, as dificuldades no campo da ciência para estabelecer consenso a seu respeito decorrem do fato de o debate em torno do tema ser de natureza tão filosófica quanto científica.

Partem do princípio de que não há consenso na comunidade científica atual para definir esse conceito-chave da biologia. Tomam como postulado que o "vivo", como objeto de conhecimento, não pode ser definido a não ser dentro de um momento, um quadro teórico e um ponto de vista filosófico dados, e que por isso não poderia mesmo haver verdadeiro consenso entre os cientistas sobre a idéia. Então supõem a correlação entre essa ausência de consenso na comunidade científica e as dificuldades encontradas pelos alunos na construção desse conceito.

Tentam estabelecer, entre os alunos investigados, um campo semântico para a palavra vivo, quais seriam os critérios de vida por eles empregados, se para eles haveria descontinuidade ou continuidade entre a idéia de vivo e não-vivo. Procuram avaliar as dificuldades e obstáculos²⁵ encontrados pelos alunos na construção desse conceito. Identificaram coerência entre o campo semântico da palavra "vivo" e os diversos critérios empregados pelos alunos investigados para discernir vivo do não-vivo. A quase totalidade deles reconhece os animais como vivos e uma grande maioria considera os

²⁵ Os autores referem-se às idéias de Bachelard (1938); Duroux (1983); Astolfi e Peterfalvi (1993); Brousseau (1989) para estabelecer uma certa continuidade na noção de obstáculo epistemológico: um conhecimento não questionado, mais um modo de conhecer que resiste às mudanças, não uma falta ou dificuldade de conhecimento, mas algo que explicaria em profundidade as concepções emergentes dos alunos e talvez os erros repetidos na história da ciência.

vegetais e mesmo os micróbios como vivos, e artefatos como objetos não-vivos. Mas é raro que utilizem critérios comuns aos animais e vegetais para afirmar que eles sejam vivos, num aparente desconhecimento da unidade no mundo dos seres vivos. Uma das maiores dificuldades das crianças por eles encontrada foi considerar a Lua, montanhas, o planeta Terra ou um vulcão em erupção como seres não-vivos. A interpretação das respostas envolvia o uso, pelos alunos, de argumentos do tipo: a Lua não é viva “porque não tem sangue”; ou “porque não se mexe”.

Para a metade dos alunos investigados, havia descontinuidade no mundo vivo, a vida sendo algo do tipo “tudo ou nada”, e identificada por critérios mínimos (pelo menos um): alimentação, respiração, movimento, crescimento, circulação de líquidos ou outros mais raros. Para a outra metade, havia uma gradação entre o vivo e o não-vivo expressa por “supercritérios”: nesse caso, um ser seria mais vivo se for, por exemplo, capaz de movimento, de nutrir-se, de respirar, de reproduzir; se tiver um coração, e, nessa hierarquia, os seres humanos e animais eram supervalorizados. Assim, um peixe seria mais vivo porque se desloca e uma montanha seria menos viva porque não se nutre. Uma árvore também seria menos viva porque ela não anda e não tem coração.

Os autores colocam então, como a fonte dos obstáculos de aprendizado no tema, antropomorfismo, finalismo, animismo e fenomenismo como aspectos do pensamento pré-causal que nessa idade estaria ainda no início da superação. O aluno, para mudar a representação do vivo, deveria encontrar critérios mais eficientes que o do movimento, com um campo de aplicação mais extenso, sobre os quais ainda não haveria pensado. Mas não seria suficiente possuir um conhecimento melhor, desse ponto de vista, nem a tomada de consciência da falta de exatidão do conhecimento precedente, para que ele desaparecesse. Os autores concluem pela necessidade de aprofundar-se no estudo da identificação dos obstáculos à construção do conceito de vida .

A nossa hipótese é que se não existirem oportunidades para o aluno reconstruir o sistema de relações causais expressas pelo(s) modelo(s) explicativo(s) ou teoria(s) científica(s) do tema ensinado, ele recorre ao modelo que já possui, ainda que inconscientemente. E nesse caso, seriam necessárias mudanças significativas também em relação aos conceitos de movimento, força, estrutura particulada da matéria. Além do mais, essas possibilidades, embora tratadas nesse trabalho na sua dimensão mais racional, não existem independentemente de outras dimensões como a afetiva, a social, a histórica, a cultural.

A respeito do que é considerado vivo ou não, um aspecto que considerei interessante para investigar exemplos, foi o da continuidade ou descontinuidade da vida, em um organismo vivo. Esse é um problema tanto para os alunos de Ciências e Biologia, quanto para algumas especialidades dessa ciência.

Coloquei, para alunos de 7ª série de Ciências, de um curso noturno de escola municipal, de idade entre 13 a 20 anos, as seguintes questões: Os dentes são vivos? Para você, como é um dente? Desenhe o que você acha que existe em um dente, por "dentro" e por "fora". Estimulei os alunos a explicar, por escrito, as representações feitas. Com base na idéia do senso comum que considera os dentes "mortos", ou porque "são duros" ou porque "os que têm o canal tratado já morreram", queria investigar como eram essas idéias entre os alunos.

A maioria deles afirmou que os dentes são vivos, usando justificativas do tipo: Porque nascem, crescem, envelhecem (ou apodrecem) e morrem. Alguns referiram-se ao critério de sensibilidade : são vivos porque "eles sentem dores" ou porque "a gente sente quando eles doem". Houve também justificativas do tipo "são vivos porque têm raízes" ou "são vivos porque combatem bactérias"! Alguns alunos justificaram que os dentes são vivos porque "todas as partes do nosso corpo têm vida". Outros, entretanto, afirmaram que os dentes não são vivos porque "se eu arrancar esse dente aqui agora não vai nascer outro", o que sugeriria discutir-se a reprodução como critério essencial para caracterizar um organismo ou estrutura viva e assim definir a vida. De qualquer modo, considerei o problema pertinente e localizado, passível de investigações posteriores e passei a procurá-lo na biologia como ciência contemporânea.

Em um simpósio internacional sobre Autopoiese²⁶, HOATH (1997) considera os problemas: "*O estrato córneo da pele [de um ser humano] é vivo? O estrato córneo é um material "inteligente", no sentido empregado nos círculos da engenharia para alguns materiais? O autor afirma que "a questão de decidir se o estrato córneo é vivo é aparentemente simples mas pode conduzir a um enigma lógico; a contribuição da teoria autopoética pode ser relevante e necessária para sua abordagem.*" Classicamente, o processo de formação do estrato córneo da pele é denominado diferenciação "terminal" ou "morte celular controlada". Do ponto de vista da autopoiese celular, portanto, o estrato córneo não é característico de um sistema "vivo". Ele é considerado um componente não-vivo ou morto do ambiente, em contato com um sistema autopoético celular. Do ponto de

²⁶ International Symposium on Autopoiesis, UFMG, 18-21 nov, 1997, UFMG

vista do organismo, entretanto, o estrato córneo da pele é vivo na medida em que integra a rede de relações que define o organismo (humano) como autopoético. É assim devido às inúmeras funções que o estrato córneo desempenha no funcionamento do organismo, sendo um componente estrutural essencial desse organismo na sua interface com o ambiente. Segundo esse autor, usando a teoria autopoética de MATURANA e VARELA (1997) como referência, o estrato córneo funcionaria assim como um limite que a organização auto-referida do organismo define na manutenção de sua identidade: “*o estrato córneo é o limite de um sistema autopoético*”.

Como tal, ele deve ser considerado dentro do contexto de um sistema vivo. Então, a designação de vivo ou não-vivo depende do domínio do discurso, e a dualidade parece apropriada para um verdadeiro limite funcional e estrutural. Nesse caso, a propriedade “vida”, em um sistema vivo, seria contínua, não admitindo-se partes “mortas”, em uma totalidade considerada viva! Esse problema poderia ser estendido, por exemplo, para considerar o cerne ou a córtex das árvores, o esqueleto externo de alguns animais...

Pensar a menor parte viva de um ser vivo, em termos conceituais, implica pensar, por um lado, o conceito de célula e, por outro, a possibilidade ou não da origem da vida a partir de elementos inanimados, os materiais de que são feitos os seres vivos e perguntar-se “a partir de quais condições essenciais e mínimas emerge o fenômeno vida?” Isso significa mergulhar nos debates sobre biogênese e abiogênese, ou nos problemas enfrentados pelos biólogos moleculares e bioquímicos que estão continuando os trabalhos iniciados por Oparin para procurar explicações científicas para a origem da vida na Terra e evidências empíricas que as corroborem.

Para o professor seria útil pensar se ocorre algum aprendizado biológico, qual seria ele e qual seria sua utilidade social, quando o estudante é diretamente informado com enunciados do tipo: “seres vivos nascem, crescem, reproduzem e morrem”, ou “seres vivos apresentam tais e quais características”, por mais fartamente “ilustrados” que sejam, ou ainda “definir vida é difícil, ou não interessa ao campo da biologia”, tão prevalentes em nosso ensino, como procuro mostrar no próximo capítulo.

Seria útil admitir, pelo menos como hipótese de trabalho promissora, a ser testada empiricamente, que os seres vivos não são natural e espontaneamente “vivos” e inanimados, uma realidade dada tal como é. Essa categorização seria uma aproximação da realidade, fruto de uma construção elaborada e difícil ao longo da história da ciência e do desenvolvimento de cada indivíduo, e, por isso mesmo, por mais incrível que pareça, sujeita a modificações e reestruturações dentro de novos modelos explicativos. Os objetos

não “são” vivos mas “tornam-se” vivos dependendo da teoria ou modelo explicativo que o sujeito constrói e que os define como vivos. Perceber a vida (em muitos sentidos) nas fronteiras da biologia, isto é, as controvérsias internas que apontam a natureza da biologia como conhecimento em permanente elaboração talvez colocasse o professor mais à vontade para perceber também outros significados atribuídos por seus alunos aos conceitos por ele trabalhados. Poderia também criar a chance de um diálogo mais exploratório, admitindo-se e diagnosticando-se crenças diferentes das que sustentam o conteúdo que o professor julga que deve ensinar.

Não é possível investigar o que é a vida sem se perguntar qual o seu significado, tanto do ponto de vista individual, em termos do professor e do aluno, quanto em termos da ciência, pois isso é o que corresponde a ter consciência do modelo explicativo que estabelece as relações necessárias para que se identifiquem os atributos de vivo e não-vivo de modo não-aleatório. Ao deixar de explorar a riqueza desse conceito, normalmente ausente da sala de aula, colaboramos com a persistência de uma concepção de ciência dogmática e perdemos a chance de trabalhar as raízes mais profundas do pensamento biológico.

4: ANÁLISE DO TRATAMENTO DA QUESTÃO "O QUE É A VIDA" EM TEXTOS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS - IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO.

4.1: FLAGRANTES DA ANÁLISE DO LIVRO DIDÁTICO.

Na literatura de pesquisa em ensino é praticamente consensual a importância do livro didático no ensino de ciências, quer por ele ser fonte (às vezes única) de informações para o professor e o aluno, quer pelo modo como é tratado, tanto por esses últimos como por parte dos autores, das editoras, das escolas, dos pais, das instituições que cuidam de sua avaliação, aquisição e distribuição, dos governantes e dos políticos.

Segundo PRETTO (1985:38), a preocupação com o livro didático intensifica-se, nacionalmente, desde a década de 30, com a proposta de reconstrução educacional que ocorre então no Brasil. Essa preocupação acentua-se, a partir da década de 50, com a realização de pesquisas analisando valores e ideologia veiculados nos livros escolares, e estende-se além dos meios acadêmicos ganhando espaço no Congresso Nacional, onde passaram a tramitar vários projetos de lei referentes ao livro didático.

Tanto no plano acadêmico quanto no do poder legislativo, a discussão sobre o livro didático tem versado principalmente sobre a sua durabilidade, seus usos e conteúdos. Certamente estão envolvidos nessa discussão os interesses de editoras, pois o mercado de livros didáticos representa porcentagem significativa da produção dos livros brasileiros.²⁷

Analisar os livros didáticos para decidir sua adoção vem-se tornando um procedimento usual em instituições escolares públicas e privadas. Selecionar obras que merecem integrar o catálogo de compras do Ministério da Educação e do Desporto, por

²⁷ Produção Editorial Brasileira em 1996. Fonte: Fundação João Pinheiro para a Câmara Brasileira do Livro

Livros vendidos		Faturamento bruto
Total de exemplares:	386 701 265	R\$: 1 867 065 725,00
Subtotal de livros didáticos:	236 448 472	R\$: 808 832 939,00
Subtotal adquirido pelo governo:	90 000 000	R\$: 219 600 000,00
Porcentagem dos didáticos:	61%	43%

exemplo, não é processo inédito. A Fundação de Assistência ao Estudante (FAE) sempre estabeleceu critérios mínimos de qualificação para aquisição de livros. Em agosto de 1985, foi instituído, pelo decreto nº 91 542, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) com “o objetivo de distribuir livros escolares a todos os estudantes matriculados nas escolas públicas e comunitárias do País, garantindo a qualidade pedagógica e física do livro” e ainda “a participação do professor nas ações de análise, seleção e indicação dos títulos e a oferta de parâmetros definidores de sua qualidade, como guia à sua aquisição.” (BRASIL-MEC-FAE-PNLD, 1994). Os anos que se seguiram foram marcados pela sistematização do processo de avaliação do livro didático.

A portaria nº 1130, de 5-08-1993, instituiu um grupo de trabalho para análise da qualidade dos conteúdos programáticos e dos aspectos pedagógicos e metodológicos de livros adequados às séries iniciais do 1º grau, composto paritariamente por membros indicados pela Secretaria de Ensino Fundamental (SEF), Fundação de Assistência ao Estudante (FAE), Conselho Nacional de Secretários de Estado da Educação (CONSED), União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (UNDIME) e Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPEd). Segundo o grupo de trabalho de ciências²⁸ que analisou os livros didáticos mais indicados pelos professores e adquiridos pelo MEC-FAE, em 1991:

“O livro didático é um dos indicadores do perfil da cultura brasileira e um dos pilares de sua manutenção tal como está: expressa a visão de escola e do papel do professor como um mero repassador de informações estratificadas, obsoletas e errôneas, imune à concepção de que um mundo em mudanças vertiginosas de valores, da ciência e da tecnologia exige, acima de tudo, indivíduos com capacidade de resolver problemas novos para sobreviver, portanto, de pensá-los.”

Esse grupo de trabalho sugere a instituição pela FAE de um conjunto de consultores permanente e *ad hoc* para avaliação dos livros a serem selecionados, indicados e distribuídos aos professores. Em meados de 1995, essa tarefa foi coordenada por equipes técnicas do MEC, através da SEF, da FAE e do Centro de Pesquisas para Educação e Cultura (CENPEC), contratados para essa tarefa.

A partir de 1996, foram introduzidos critérios e procedimentos diferenciados para exame do conteúdo propriamente dito dos livros didáticos. Numa primeira fase, foram

²⁸ Catarina Fernandes de O. Fraga, Demétrio Delizoicov Neto, Hilário Fracalanza, Miguel Castilho Júnior e Ronaldo Mancuso (colaborador).

elaborados parâmetros para avaliar a produção em cada área do conhecimento. Esses parâmetros foram apresentados e debatidos com entidades representativas de autores e editoras. A análise que se sucedeu e o produto gerado, “*GUIA DE LIVROS DIDÁTICOS - 1ª A 4ª SÉRIES*”²⁹ desencadeou polêmica nacional registrada amplamente pela mídia.³⁰

BIZZO (1996: 28), coordenador da equipe técnica que avaliou os livros didáticos de Ciências para as séries iniciais do Ensino Fundamental, sugere que mudanças nas características e no uso que se faz dos livros didáticos de ciências poderiam colaborar para a superação de três aspectos básicos de precariedades da realidade educacional brasileira atual:

“_ a opinião do aluno sobre os fenômenos naturais é considerada irrelevante no contexto da sala de aula.

_ a forma de enunciar determinado princípio (modelo explicativo) é considerada mais importante que o conhecimento dos fenômenos aos quais ele se aplica.

_ as contradições entre o conhecimento científico e o universo cultural do aluno são mediadas através da hierarquização do conhecimento, colocando-se o científico acima do cultural.”

O quadro familiar a ser modificado, segundo esse autor, é o dos

“alunos copiando e memorizando textos onde a ciência é apresentada de forma caricatural, como se fosse apenas uma forma de articular a fala, que se caracteriza pelo uso de termos difíceis e explicações incompreensíveis. O aluno deve saber repetir enunciados rebuscados, sem saber exatamente para que servem e onde se aplicam, que muitas vezes contrariam suas próprias concepções”.

A análise do conteúdo de textos didáticos de ciências tem sido objeto de diversos trabalhos científicos, com bastante bibliografia específica. Segundo BONNAZZI e ECO (1980: 15), “*nossas cãibras morais e intelectuais, muitas de nossas idéias correntes mais contorcidas e banais (e difíceis de morrer) nascem justamente dessa fonte. E, estando presos por nossa própria formação, [pela reprodução das normas de uma cultura de*

²⁹ Recentemente foi publicado também o GUIA DE LIVROS DIDÁTICOS de 5ª a 8ª séries para 1999. Ambas as publicações, contendo critérios de análise podem ser solicitadas ao MEC ou acessadas no endereço eletrônico www.mec.gov.br/SEF.

³⁰ Por exemplo, reportagem de Eliane Trindade e Luíza Villaméa, de título Peneirada Didática, em ISTOÉ 1391-25/9/96: 32-34:

prestígio de que participamos] *estabelecemos uma confiança instintiva no livro didático, mais proveniente de nossas fraquezas do que dos méritos desse último.*"

Fazer uma crítica, ou apontar necessidade de mudanças, requer um esforço de alheamento ao reler idéias que costumamos considerar "normais" e "boas" para que perguntemos a nós mesmos (educadores e educandos, autores, editores e avaliadores): "mas será mesmo assim"?

BIZZO (1996:34), entre muitos outros, aponta, por exemplo, a extrema uniformidade de textos dirigidos ao ensino de ciências, ao longo de sucessivos anos e em diferentes regiões de nosso país e também (1991:229) a relação de dependência existente entre professor e livro didático, muito maior do que seria conveniente.

A adesão à concepção de ciência ou à concepção pedagógica implícita ou explícita no livro didático estará sempre sujeita aos filtros culturais do aluno e do professor que vão utilizá-los. Os livros didáticos deveriam evitar o reforço de mitos, preconceitos ou visões estereotipadas do conhecimento e da ciência. Deveriam também, no tratamento dos conteúdos e propostas de atividades, buscar maior aproximação com o contexto sociocultural do aluno e do professor, pois é nele que os conteúdos se tornam mais significativos para ambos. Nesse sentido, uma aproximação efetiva da universidade com a sociedade em geral, de modo a fazer com que o produto de suas investigações seja mais bem conhecido, e a formação profissional continuada do professor, são essenciais para desenvolver sua autonomia na análise e no uso do livro didático.

O trabalho dos especialistas em análise de textos didáticos não deveria ocorrer de modo isolado da formação dos professores nos diversos graus de especialização acadêmica ou de atuação profissional. São necessários debates mais intensos e instâncias específicas de diálogo a esse respeito. Algumas tentativas nessa direção já ocorrem, por exemplo, em projetos de análise de livros didáticos executados pela Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais e por vários cursos de pós-graduação em Educação (USP, UFMG, UFSC).

A análise de conteúdo dos livros didáticos feita neste trabalho não pretendeu apontar erros conceituais graves ou incorreções de várias naturezas, algo que já vem sendo amplamente examinado e focalizado por outros autores. E, além disso, textos didáticos não são causa nem solução isolada para todos os males da educação.

Fiz a análise de textos didáticos na perspectiva de estabelecer relações entre uma determinada forma de abordar um tema e suas conseqüências pedagógicas, mais no sentido de abrir outras possibilidades no modo de conceber, usar e produzir o texto didático. Procuo evidenciar o que se perde ao deixar de explorar a fronteira das incertezas biológicas: a chance de trabalhar a natureza do conhecimento científico e suas relações com as demandas e tensões sociais na formação dos alunos.

Nas obras didáticas examinadas nesta dissertação, procurei verificar a existência, no tratamento do conceito vida, dos seguintes aspectos:

1. questões fechadas, isto é, respondidas explicitamente no próprio texto ou com expectativa de resposta padrão única;
2. apresentação de questões abertas, problematizadoras, com oportunidade para o aluno expressar suas próprias idéias e trocá-las com os colegas, consultando outras fontes de informação;
3. apresentação de problemas não resolvidos pela ciência contemporânea ou alguma oportunidade de convivência com dúvidas e incertezas sobre o assunto;
4. apresentação de problemas relativos a situações familiares, socialmente relevantes, com um olhar de estranheza para soluções estereotipadas ou com apresentação de possibilidades de múltiplas soluções para um mesmo problema.

Como veremos a seguir, em nenhuma delas foram encontrados, em relação ao tema, os itens 2, 3 ou 4.

4.2: ANÁLISE QUALITATIVA DO CONTEÚDO DOS TEXTOS DIDÁTICOS EM RELAÇÃO AO TEMA "O QUE É A VIDA".

O ensino dos conteúdos escolares de ciências sempre se faz acompanhar de mensagens, implícitas ou explícitas, sobre a própria ciência, o seu modo de produção, os seus valores e o seu papel de instrumento de compreensão do mundo. Por isso, para a formação de um cidadão autônomo é fundamental lidar com esse conhecimento sem tratar seu produto como dogma, como verdade atemporal, universal, transcendente e inquestionável, mas sim como uma forma de representar e lidar com o mundo, cujo valor não está em si, mas nas relações que se estabelecem em cada contexto, pois é dependente da natureza do problema a ser solucionado.

Reconheço que um dos compromissos do ensino de ciências é com a transmissão daquilo que já está estabelecido e é consensual no campo da ciência. O conhecimento estabelecido e aceito pela comunidade científica. Por outro lado, não acho justificável, quando o objetivo é formar indivíduos capazes de elaborar um ponto de vista próprio sobre os fatos da vida, abandonar-se o desafio de trabalhar o terreno das dúvidas e incertezas. Neste caso, corre-se o risco de reforçar o mito do conhecimento científico como conhecimento verdadeiro, neutro e superior às demais formas de conhecimento. Ao deixar de propor atividades em que o aluno possa expressar suas idéias e comunicar-se com seus pares, tendo a chance de reformular suas opiniões, corre-se o risco de ensiná-lo a assumir idéias, atitudes e valores alheios de modo acrítico.

Início a análise com a obra *Biologia 1 - das células*, de AMABIS & MARTHO (1995), por ser esta, entre muitas outras que detêm a preferência dos usuários da rede escolar privada em nosso país, a que inicia o capítulo 1, Apresentando a Biologia, com a questão "O que é a vida?".

Desta obra, começo reproduzindo o seguinte trecho:

"Você é um ser vivo, assim como uma árvore e um cogumelo. Já uma pedra não é viva, nem uma mesa de madeira, embora esta última seja feita de um material que já foi vivo."

Esta frase, como formulada, mais sugere reforço do que esclarecimento sobre a confusão comum entre a categoria "ser inanimado" e um dos atributos possíveis dos elementos da categoria "ser vivo", que é estar morto. Embora o objeto mesa seja considerado um ser inanimado, a madeira não muda para a categoria ser inanimado por estar morta, ou metabolicamente inativa, mesmo porque, nesse sentido, ela já estava morta quando ainda fazia parte do cerne de uma árvore viva. O que está sendo categorizado é o todo do qual ela é parte, tanto no caso da mesa como no caso da árvore. A vida, vista como propriedade coligativa e contínua, deixa de ser constatada em partes isoladas do sistema considerado vivo.

A seguir, com o subtítulo "Características dos seres vivos", os autores passam a descrever e explicar a composição química, o metabolismo, a homeostase, a capacidade de realizar movimentos e reagir a estímulos externos, a reprodução, o crescimento e a adaptação como características que distinguem os seres vivos dos não-vivos. Dentre elas, é ressaltada a reprodução: *"Entretanto, a característica mais fundamental da vida é,*

entre todas, a reprodução: seres vivos são capazes de se multiplicar, originando indivíduos semelhantes.” “*A reprodução pode ser considerada a característica essencial da vida. Até mesmo os vírus se reproduzem, sendo essa a principal característica que nos permite considerá-los seres vivos*”. Pergunto-me: em que categoria estariam incluídos os indivíduos inférteis ou indivíduos estéreis, caso o aluno tente aplicar a generalização aprendida a um exemplar desse tipo? E de que modo poderia ser a biosfera ou a Terra inteira consideradas vivas se elas não se reproduzem? Nesse caso, as características fundamentais a serem consideradas seriam a homeostase, a auto-regulação ou a autopoese...

A afirmativa “*Com a morte, os movimentos celulares cessam completamente, o que confirma, de fato, que o movimento é uma propriedade inerente à vida.*” Pergunto-me: Como, para um aluno, pareceriam possíveis movimentos celulares em um esporo ou em uma semente em dormência? E como o critério de desaparecimento de movimentos celulares poderia ser identificado em um organismo com aproximadamente 10^{14} células, como um ser humano?

Em nenhum momento é explicitado que não existe um critério científico único e consensual para delimitar-se, em categorias complementares, todos os entes conhecidos em vivos e inanimados e que, pelos critérios adotados, há sempre alguma forma de sobreposição de classes. Isso indicaria dúvidas sobre a distinção operacional a ser feita por essas duas categorias em situações específicas. A possibilidade de mudar essa categorização parece não existir. A mensagem implícita é de que os seres são “naturalmente” vivos ou inanimados e que essa é uma descoberta importante da ciência moderna, cujos autores tiveram o papel de reveladores de uma verdade. Não haveria, nesse caso, um sujeito que interpreta a natureza ao conhecê-la, mas sim um sujeito que a desvenda objetivamente.

O texto faz referência a posições históricas, admitindo-as como perfeitamente superadas pelo pensamento científico contemporâneo:

“Os antigos pensadores achavam que os seres vivos eram dotados de uma exclusiva e misteriosa força vital, uma espécie de fluido imaterial que lhes conferia vida. Hoje os biólogos não acreditam na existência de substância ou força que por si só caracterize a vida”.

Parece não ser bem assim. Vitalistas mais antigos compreendiam uma força externa dirigindo a vida, e isso não é realmente aceito por cientistas contemporâneos como explicação científica para a vida. Entretanto, cientistas contemporâneos que procuram sentido *na* vida, a geração de ordem, de padrões, que procuram uma teoria profunda que explique a ordem na vida em escala global, desde a origem da vida em si, através de toda a dinâmica do desenvolvimento dos organismos, da evolução dos ecossistemas e da sociedade humana, e que apontam o caminho da termodinâmica e da existência de princípios auto-organizadores como propriedades *emergentes* de sistemas complexos são frequentemente criticados por serem vitalistas, por estarem de certa forma procurando por um ímpeto sob o desejo de que haja alguma espécie de propósito na vida.

Segundo Stuart Kauffman (citado por LEWIN, 1994:221) depois das idéias darwinianas propondo a forma biológica como consequência da seleção natural, os biólogos modernos tendem a considerar qualquer sugestão de auto-organização como um desvio de volta à Paley³¹, de modo que resistem à idéia. A auto-organização, em tempos de sucesso da biologia molecular reducionista, é considerada, na melhor das hipóteses, uma idéia mística e, na pior, herética... Mas a idéia de vitalismo é, pelo menos em parte, resgatada modernamente por biólogos que, como Humberto Maturana e Brian Goodwin, falam de organismos como causa e efeito de si mesmos, de sua própria ordem e organização intrínseca. Eles afirmam que organismos são agentes autocausadores e não interpretam nem a seleção natural nem os genes como *causas* dos organismos.

Não cabe, no momento, analisar a visão de ciência e da evolução histórica da biologia que o autor expõe a seguir, bastando considerar que ela está coerente com o que afirma sobre as características dos seres vivos e o que não afirma sobre uma conceituação biológica da vida.

As atividades propostas para o aluno são: a elaboração de 4 fichas de resumo com questões que o orientam a encontrar no texto os pontos que o autor considera principais, na ordem em que são apresentados; a realização de 7 testes de múltipla escolha e uma questão discursiva, extraídas de exames vestibulares em diferentes universidades do país; 4 exercícios de aprofundamento onde as questões versam principalmente sobre o que os autores denominam “o método hipotético-dedutivo em ciência”. O problema da definição

³¹ A teologia natural de William Paley explicava a forma biológica como o trabalho da mão de Deus, “o grande relojoeiro”.

da vida do ponto de vista biológico, ou da sua identificação em situações experimentais problemáticas desaparece totalmente.

No capítulo 23 do terceiro volume desta obra, os autores apresentam a hipótese Gaia, “segundo a qual a Terra deveria ser estudada como um sistema fisiológico fechado, da mesma forma que um fisiólogo estuda a interdependência das funções orgânicas do corpo humano. De acordo com essa hipótese, a biosfera da Terra, como um todo, apresenta características típicas de um ser vivo: capta energia para manter seu funcionamento e é capaz de se auto-regular, ou seja, apresentar homeostase.” Apontam James Lovelock como seu principal defensor. Na página 480 do mesmo volume há um texto adaptado a partir de uma tradução de um original de James Lovelock para leitura pelo aluno. Esse texto resume as questões e as respostas apresentadas por esse autor para elaborar a hipótese Gaia, sem citar nenhuma das dúvidas ou controvérsias que cercam a hipótese, ou crítica de outros autores.

James Lovelock (1991:16) afirma, diferentemente desses autores:

“o nome do planeta vivo, Gaia, não é um sinônimo para biosfera. ... Gaia também não é o mesmo que a biota, que é apenas o agrupamento de todos os organismos vivos individuais. A biota e a biosfera juntas formam parte, mas não Gaia inteira. Assim como a concha é parte de um caracol, as rochas, o ar e os oceanos são parte de Gaia... Talvez você ache difícil engolir a idéia de que esteja viva uma coisa aparentemente inanimada e deste tamanho todo da Terra (1991: 24)...

Pergunto-me: porque a desconsideração da possibilidade de controvérsias? A dificuldade em identificar a Terra como um organismo vivo não existe, não é problema a ser considerado. O texto afirma “A hipótese Gaia é interessante porque estimula uma reflexão mais abrangente sobre os problemas mundiais, ao encarar o planeta como um organismo vivo”.

Mas, segundo LEWIN, (1994: 139-140), James Lovelock, físico, tendo como aliada a bióloga Lynn Margulis, ao apresentar a hipótese Gaia na Universidade de Boston, em 1972, da forma: “a vida, ou a biosfera, regula ou mantém o clima e a composição atmosférica num nível ótimo, por si mesma” sugeriu finalidade e teleologia na idéia de tal forma que a maioria dos trabalhos sobre Gaia não pôde ter entrada na imprensa científica internacional. A hipótese foi atacada com vigor por muitos biólogos, geólogos e climatologistas. John Postgate, por exemplo, a caracterizou como “construção pseudocientífica do mito”. O fato de James Lovelock ter divulgado suas idéias em revistas científicas populares e livros, reconhecendo ele mesmo que seus textos eram um

pouco “poéticos”, contribuiu para convencer muitos cientistas de que a hipótese Gaia era mesmo não-científica.

A julgar pela leitura do texto “Como os cientistas divulgam as suas idéias”, destinado ao aluno, na página 38 do volume 1 da obra didática analisada, a hipótese Gaia é mesmo não-científica.

Segundo o próprio James Lovelock, (1991:13-29) “*a hipótese Gaia, quando a introduzimos na década de 70, pressupunha que a atmosfera, os oceanos, o clima e a crosta terrestre fossem regulados em um estado propício para a vida por causa do comportamento dos seres vivos.*” Para muitos cientistas, Gaia era um conceito teleológico, que exigia previsão e planejamento do biota. Não vendo um mecanismo para a regulação planetária negavam sua existência: Como é que organismos podem manter o oxigênio atmosférico a 21% e a temperatura média a 20° C?

“O conceito de Gaia está inteiramente ligado ao conceito de vida e, para compreender Gaia, é preciso antes explorar esse conceito difícil, a vida. Eles detestam admiti-lo, mas os cientistas da vida, sejam naturalistas do séc. XIX ou biólogos do séc. XX, não conseguem explicar a vida em termos científicos”.

Penso que a posição epistemológica que admite o conhecimento em permanente elaboração pelo sujeito, em interação com os objetos, abre mão da possibilidade de uma verdade absoluta, definitivamente comprovada por dados empíricos. Os dados são importantes, mas seu papel é apenas o de corroborar modelos e explicações. Dessa forma é que seria plausível admitir-se a vida, enquanto fato biológico, como um modelo explicativo, uma conceituação, mais ou menos operacional, dependendo das características e do campo de problemas que se dispõe a resolver. De posições epistemológicas mais empiristas é que a vida seria uma propriedade natural dos seres vivos, a ser descoberta “de modo correto” com mais observações e conhecimento científico a ser acumulado ou como uma propriedade transcendente inacessível ao estudo científico e restrita **apenas** às explicações de natureza filosófica, religiosa, mítica.

Ainda no capítulo 23 do volume três da obra analisada, no exercício de aprofundamento proposto aos alunos, que tem, segundo os autores, “*o objetivo de inter-relacionar e aprofundar os assuntos mais importantes do capítulo*”, a primeira questão proposta é:

“Se aceitarmos a hipótese Gaia, em que isso pode modificar nossa visão de mundo, principalmente no que diz respeito às alterações ambientais provocadas pelo homem? Considere em sua análise alterações como a poluição, o desmatamento, a extinção de espécies pela caça e pesca predatórias e todas as outras alterações ambientais que julgar importantes.”

Considerando que o capítulo trata principalmente dos problemas ambientais e termina afirmando que *“Muitos ainda não se deram conta da gravidade e da extensão dos danos causados à natureza, mas, dentro de pouco tempo, a defesa do ambiente natural será uma das prioridades de todos os povos”*, percebo uma possibilidade de discussão, pelos alunos, das idéias de Lovelock sobre a regulação do ambiente físico pelos sistemas vivos e das inter-relações entre seres vivos e ambiente, especialmente da ação humana e da necessidade de uma *“medicina planetária”* advogada por Lovelock. Mas não verifico a possibilidade de questionar-se o significado da palavra *“vivo”* aplicada ao *“organismo”* Terra, de forma coerente com o proposto no início da obra para caracterizar seres vivos, nem nas atividades de roteiro para resumo nem nos exercícios de aprofundamento.

Fazendo a análise de outra obra, *Biologia* (CÉSAR E SEZAR, 1995) encontro a questão *“É fácil definir a vida?”* colocada para os alunos também no capítulo 1, cujo título é: *“A noção de vida”*.

O texto começa afirmando que: *“é fácil reconhecer um ser vivo e diferenciá-lo de um objeto inanimado. Mesmo crianças pequenas percebem que um sapo, uma borboleta ou uma formiga são seres vivos, diferentes de uma pedra ou de um pouco de areia.* Prossegue explorando os critérios de movimento, crescimento e reprodução para distinguir os seres vivos e também realça o critério reprodução:

*“Organismos menores ainda do que bactérias, os vírus, apenas demonstram atividade e se reproduzem se estiverem dentro de uma célula de outro organismo; caso contrário, eles parecem matéria “morta”, e ficam desse jeito enquanto essas condições ideais não existirem. Embora os vírus representem o limite entre o vivo e o não-vivo, **ninguém tem dúvidas hoje em relação ao fato de que vírus são seres vivos.**”*

Pelo exposto, percebo que continua a confusão entre estar morto e ser inanimado.

Reparo principalmente a ausência de possibilidades de dúvidas sobre o que é ou não ser vivo. Por extensão do critério, ninguém teria dúvidas a respeito dos Prions³² serem seres vivos.

Ao final do capítulo os autores propõem questões do tipo:

“Um dos critérios para se reconhecer a vida é o movimento. Plantas têm movimento próprio? Pesquise, se necessário.”

A formulação da questão sugere abertura para discussão. No entanto, o segundo parágrafo do texto inicial do capítulo afirma:

Uma planta, aparentemente, não tem movimentos próprios; por esse motivo, quando se fala em seres vivos, a maioria das pessoas pensa em animais. No entanto, plantas também são seres vivos, já que, da mesma forma que os animais, elas crescem, produzem descendentes e até se movimentam, porém de forma lenta e imperceptível.”

Percebo que existe uma resposta já enunciada pelos autores e a “pesquisa”, nesse caso, seria restrita à transcrição da informação, sem aberturas a questionamentos do tipo “que movimento é esse, lento e imperceptível, que permite afirmar que as plantas até se movimentem?”

Já na obra *Biologia* (SONCINI E CASTILHO JR., 1992), destinada ao ensino dessa disciplina no núcleo comum do 2º grau, para formação geral de profissionais para o magistério nas quatro séries iniciais do Ensino Fundamental, o desenvolvimento dos conteúdos abordam inicialmente o fenômeno da vida em um texto destinado ao professor, como referência para o desenvolvimento do programa sugerido. Transcrevemos o primeiro e segundo parágrafos do texto:

“Definir a vida é tão impossível quanto alcançar o infinito, tamanha a complexidade de aspectos que esse fenômeno compreende. Mas, se pretendemos explorá-lo, é preciso estabelecer algum referencial e, para tanto, limitar a gama de aspectos a serem considerados.

Vamos definir vida, do ponto de vista biológico, como um sistema organizado e integrado, capaz de auto-reprodução, que responde a estímulos do ambiente e que interage com esse ambiente através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia”.

³² As proteínas prion PrP são proteínas “infecciosas”, agentes causais das encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET), por exemplo, a doença da vaca louca, o kuru e a doença de Creutzfeldt-Jacob. Acreditava-se, até pouco tempo, que doenças infecciosas e transmissíveis envolvessem necessariamente a presença de agentes microbianos. In *Ciência Hoje*: Uma prova do perigo dos prions. Rio de Janeiro: SBPC. v. 23 no.138, maio de 1998, p.12.

A seguir, os autores passam a discorrer sobre idéias a respeito da origem da vida e sobre como essas idéias foram elaboradas, aceitas ou não pela ciência. Sugerem, como atividade, um debate entre os alunos sobre fixismo e transformacionismo.

Nesse caso, há uma abordagem paralela sobre a elaboração dos conhecimentos científicos sobre a origem da vida, sobre muitas controvérsias em ciências, mas não há sugestões de atividades, situações experimentais nem exemplos em que seja possível aplicar-se as explicações do segundo parágrafo citado, ou fazer deduções a partir delas.

Na análise de livros para o Ensino Fundamental, verifico que o tratamento da questão "o que é a vida" não é direto. O mais comum é iniciar-se pela distinção entre seres vivos e não-vivos por meio da existência, nos primeiros, de um ciclo vital, definido como nascimento, crescimento, reprodução e morte e continuar pela descrição de características: constituição celular, alimentação, respiração, reprodução, sensibilidade, movimento. Do quinto ao oitavo ano do Ensino Fundamental, é regra praticamente geral que o tema características dos seres vivos seja tratado no segundo volume das coleções destinadas às quatro séries finais e no primeiro volume destinado às quatro séries iniciais.

Os exercícios propostos são questões sempre diretamente relacionadas a afirmativas do texto. Sugerem um esforço intencional para não deixar margem a dúvidas para formular as respostas, como se essas não devessem existir. Os manuais dos professores apresentam as respostas universalmente esperadas dos alunos, impressas em letras e cores diferentes.

O livro *Os Seres Vivos - Proteção à Biodiversidade* (SOARES, 1981), destinado ao sexto ano do Ensino Fundamental, é um exemplo. Ao longo de 186 páginas, o livro trata do conteúdo "Seres Vivos", em cinco unidades e 23 capítulos. O trecho inicial do capítulo I, "Em que diferem os seres vivos dos corpos brutos?", é reproduzido na íntegra, nas ilustrações do anexo 2.

Na carta de apresentação do livro, na página 3, a autor afirma:

"Em todos os capítulos do livro incluímos um QUESTIONÁRIO, que aborda os aspectos básicos e gerais do conteúdo programático pertinente. Isso ajudará o mestre a detectar qualquer desvio ou falha no processo de ensino-aprendizagem, avaliando o rendimento escolar da turma na sua disciplina, ao mesmo tempo que estará desenvolvendo na sua clientela a verdadeira "arte" da Comunicação e Expressão, tão importante na formação global do educando."

Mas, ao verificarmos apenas os três primeiros itens do questionário apresentado ao final do capítulo, "Avaliando o seu aprendizado", é possível constatar que, nesse caso, a arte da Comunicação e Expressão reduz-se ao aprendizado da adoção irrefletida, memorização e transcrição de conceitos:

1. *Como você prova que uma pedra não é um ser vivo?*
2. *Qual a verdadeira finalidade da alimentação dos seres vivos?*
3. *Os seres vivos nascem, crescem, ficam adultos, reproduzem-se, envelhecem e morrem. Que nome se dá a toda essa série de transformações que vai do nascimento à morte?*

As frases que respondem estas questões estão realçadas no texto, em cores diferentes. Pergunto: seria no intuito de "facilitar" o trabalho do aluno encontrar a resposta "certa"? Em qual delas haveria necessidade de um esforço mínimo de interpretação? Qual seria a concepção de natureza do conhecimento científico implícita no significado da palavra "prova", nesse contexto? Fica parecendo que é repetir argumentos já enunciados, sem chance de admitir outras possibilidades. O enunciado da segunda questão reforça a concepção finalista de natureza, e o da terceira, uma concepção antropomórfica de ciclo vital, tão freqüentes no senso comum e importantes de serem superadas, para uma compreensão mais adequada do ponto de vista biológico dessas idéias.

Outro exemplo é o livro *Natureza & Vida, Introdução à Biologia. Biodiversidade e Ecologia* (GOWDAK E MARTINS, 1996) também para a 6ª série do Ensino Fundamental. Na "Introdução à Biologia", à página 7, os autores afirmam: *"Na Sexta série vamos nos deter justamente com o estudo da vida. O mais complexo fenômeno que se conhece. Nada pode ser tão importante quanto a vida"*.

O capítulo 1, "O que é a vida"? inicia-se com dois parágrafos e as idéias de sempre: *"Embora de difícil definição, é fácil reconhecer a vida. Olhando para uma pedra e para um gato, logo conclui-se que o gato é vivo e a pedra, não. Mas quais são as diferenças entre o gato e a pedra que permitem tal conclusão?"*

E, logo a seguir, passa a relatar as características principais que permitem reconhecer um ser vivo: metabolismo, movimento, reatividade, crescimento, reprodução e organização.

Esses autores, como os demais investigados, preocupam-se em afirmar a existência de movimento nas plantas: *"Os seres vivos são capazes de apresentar*

movimentos. Mesmo as plantas conseguem se mover, embora muito menos que os animais."

Nas atividades propostas para os alunos, além do tradicional resumo, e de questões do tipo: "*O que é uma célula?*" "*Quais são as partes de uma célula?*" que podem ser respondidas por meras transcrições do texto das duas páginas anteriores, existe um item chamado "*Desafios*" que chama a atenção com a pergunta: *Um rato morto é um ser vivo ou matéria bruta? Justifique sua resposta.*

Entretanto, no manual do professor não existem orientações para discussão em torno do tema, nem esclarecimentos sobre a confusão entre as categorias "ser" e "matéria" ou sobre as dificuldades de natureza semântica e operatória envolvidas na distinção entre o significado de ser como estado ou como ente. A resposta é apresentada ao professor, na página 10, assertivamente:

"Um rato morto não é matéria bruta. Embora tenha perdido muitas características de ser vivo, tais como a capacidade de se reproduzir, o metabolismo e a capacidade de crescer, um rato morto ainda possui a organização celular dos seres vivos. Vai tornar-se matéria bruta quando for decomposto pelos micróbios."

Nos livros para o primeiro ano do Ensino Fundamental, a situação encontrada é praticamente a mesma. Repete-se a definição de ciclo vital, carregada de antropomorfismo, para caracterizar os seres vivos e a sua negação para caracterizar os seres não-vivos: os seres vivos nascem, crescem, reproduzem-se e morrem. As ilustrações divergem, as mensagens estereotipadas, os símbolos culturais de maior prestígio não. Nos exercícios, o que se cobra, a maioria das vezes, é a simples identificação ou cópia do que estava escrito no texto, sem propostas que necessitem esforço de compreensão ou interpretação de conceitos. Exemplos destas idéias estão ilustrados no anexo 2.

Observo um esforço contínuo, implícito, por parte dos textos, para eliminação de qualquer dúvida. Na representação do professor, em geral, ter dúvidas sobre a matéria é sinônimo de "não saber direito" ou "nada saber sobre o assunto". É muito difícil conviver com perguntas do aluno para as quais ele mesmo não tem respostas prontas, dentro de uma concepção pedagógica em que ensinar fica reduzido à transmissão do saber conceitualmente correto, formulado em generalizações carregadas de abstrações.

DRIVER (1994:13) alerta para as dificuldades relacionadas à compreensão dos diferentes significados da palavra ciclo em diferentes contextos em ciências, e para suas representações esquemáticas. No caso específico do ciclo vital representando um

processo de perpetuação, os diagramas não representam a escala de tempo. Às vezes as setas sugerem a existência de um círculo fechado, como se um adulto originasse, por exemplo, o mesmo ovo que o gerou, mas em que cada fase representada num ciclo vital ocorre seqüencialmente em tempos diferentes, e a segunda geração é diferente da primeira.

A abstração da idéia de ciclo requer compreensão de outros conceitos: tempo, desenvolvimento, crescimento, diversidade de formas reprodutivas, por exemplo. Pergunto: No caso de definirmos ciclo vital como nascimento, crescimento, reprodução e morte para caracterizar um ser vivo, o que dizer de um organismo unicelular que se reproduz assexuadamente por meio de uma divisão celular? Uma ameba, por exemplo, pode desenvolver-se e reproduzir-se, produzindo dois descendentes e, nesse caso, não morrer nunca, enquanto indivíduo.

4.3: CONCEPÇÕES DOS ALUNOS: O QUE PODEMOS INFERIR

Pergunto-me então novamente: após terem contato com sucessivos momentos de ensino sobre o tema, como responderiam os alunos sobre o que é ou não vivo, diante da chance de manifestar mais espontaneamente suas dúvidas, ou de usar os conceitos assimilados?

As concepções prévias dos alunos existem e resistem, principalmente se são explicações funcionais dentro de uma lógica que, para ele, não apresenta incoerências. No exemplo que se segue, um aluno do primeiro ano do Ensino Médio identifica os elementos bióticos e abióticos de sua sala de aula, considerada como um ecossistema. Pela legenda que ele elaborou, podemos supor que existe pelo menos uma superposição de significados para os termos elemento, matéria, objeto, ser, uma vez que ele considera a carteira, o papel e a porta como elementos bióticos. Parece não ser tão óbvio assim que uma carteira seja um ser inanimado, mesmo para um adolescente!

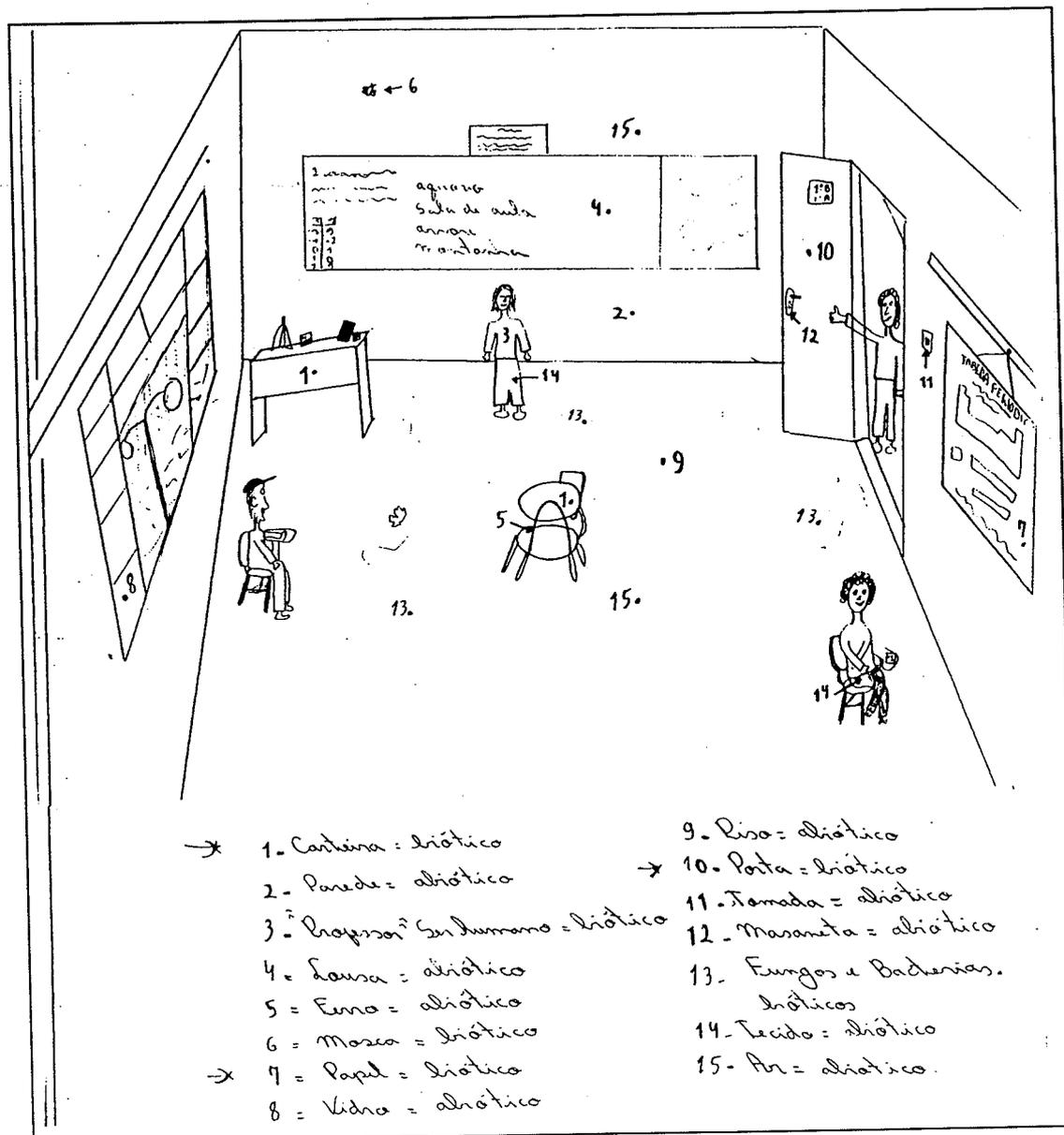


FIGURA 9: Representação dos elementos bióticos e abióticos de uma sala de aula. Aluno de 1º. Ano do Ensino Médio, 16 anos

Em outro exemplo, ao iniciar o estudo do sistema ósseo humano, alunos de sétima série de Escola Municipal³³, com 13 anos de idade, foram estimulados a trocar idéias com os colegas e registrar suas opiniões sobre a questão: os ossos são vivos?

Parece que os critérios de reconhecimento dos seres vivos foram corretamente aprendidos em outras ocasiões. Mas é na oportunidade de aplicá-los nessa situação,

³³ Agradeço a Profª. Myrce Khátia de Carvalho Bittencourt por permitir o exame dos documentos usados nessa etapa.

fazendo suposições, deduções, inferências, e negociando significados em diferentes contextos com os colegas, que esses alunos manifestam suas dúvidas.

Um mesmo aluno afirma "*se alguém quebrou algum osso, ele vai se regenerar, em algum tempo;*" e, na mesma página: "*para mim os ossos não estão vivos, eles só se mexem graças aos músculos, ao tendão e ao cérebro*" e ainda: "*na minha opinião os cabelos e os dentes são mortos.*"

Outro aluno manifestou-se assim:

"... o osso não é vivo, pois, ele não respira, não se reproduz e não age obedecendo o cérebro, como todos os órgãos do corpo humano. Os ossos só agem graças aos tendões e músculos que os movimentam. Os tendões e os músculos têm vida? Pergunta difícil. Se eles não são vivos, o que faz com que eles se meçam. Bem, de qualquer forma eu acho que eles são vivos, pois obedecem as ordens que o cérebro manda.

Segue-se outro trecho significativo, transcrito de trabalho de uma aluna cujo título foi: "*Ser ou não ser vivo?*":

"...a princípio achava que o osso não é vivo porque ele não exerce as funções vitais. Depois, na hora de dormir, revirei todos os meus conhecimentos dessa fantástica matéria e pensei: o osso possui células. Uma das variedades de tecido conjuntivo, a célula óssea. Célula é uma pequena unidade de vida, não é? Um conjunto de células forma um tecido, um conjunto de tecidos, um órgão. Acho que chamar um osso de órgão seria demais mas, tecido não seria tão mau. Ou seria? Não sei direito. Mas como o ditado diz: Filho de peixe, peixinho é, feito de vidas pequenas, vida é.

Ainda outro aluno afirma:

*"Para mim os cabelos possuem um ciclo vital, isto quer dizer, eles nascem, eles crescem, eles não se reproduzem, eles ficam brancos, então envelhecem e depois caem então morrem. Então os cabelos são vivos. No caso dos dentes, para mim eles não são ossos, os dentes não são vivos. Muita gente acha que eles não são vivos porque eles nascem e morrem, **mas a dor que sentimos quando eles estão cariados, não é causada por eles, é causada pela gengiva.** Então os dentes são mortos (sem vida)... A cartilagem e os músculos é que fazem o corpo se movimentar. Não são os ossos, portanto os ossos são mortos (sem vida).*

Com esses poucos exemplos, podemos perceber que o movimento resiste como critério mínimo para distinguir-se a vida. Respiração, reprodução, sensibilidade e ciclo vital também são critérios que foram memorizados para caracterizar o vivo, mas usar essas idéias para julgamentos específicos não é tarefa simples e direta. A sensibilidade dos dentes, por exemplo, não é observável para um aluno e ele, para adequar a constatação de dor causada pela cárie à sua idéia inicial de que os dentes não são vivos, atribui essa sensibilidade à gengiva apenas.

Em uma situação de ensino como essa, emergem mais "erros" e dúvidas nas respostas dos alunos. Justamente por isso ela é mais propícia para identificar lacunas, assimilações deformadas e obstáculos a serem superados. Por exemplo, a idéia de movimento que o aluno possui, relacionada às idéias de que "o movimento do corpo humano não é causado pelos ossos, e sim pelos músculos que movimentam os ossos" e de "ossos são duros e mineralizados" permite a inferência plausível, porém não necessária, de que ossos não são vivos.

Também é possível escolher formas de mediação mais efetiva. Pergunto: por que enfatizar a função de sustentação para o esqueleto humano e a identificação dos ossos, e deixar de lado a plasticidade, o crescimento e a regeneração ósseas? Essa pode ser uma boa ocasião para reformular-se o conceito de vivo, o conceito de desenvolvimento, a noção de sistema, o problema da parte e do todo, de ciclo vital, bastante essenciais do ponto de vista formativo do pensamento biológico.

Os procedimentos de ensino baseados numa concepção dogmática da biologia, fortemente centrados no conteúdo dos textos didáticos, a maioria das vezes estereotipados, deixa de lado a importância de o aluno formular suas próprias perguntas. Espera-se dele apenas "as respostas certas". Trazem também implícita a concepção do aluno como desprovido de idéias próprias, ou provido apenas de idéias erradas a respeito do assunto a ser tratado, permitindo inferir que seria mais produtivo fazê-lo aprender [como?] as idéias corretas por simples reprodução.

Não seria de se estranhar, então, as dificuldades que os alunos têm de tratar como vivos alguns seres que a ciência considera inanimados e vice-versa, como por exemplo, um ovo, uma nuvem, uma semente, ou o fogo. Ou em desacreditar da geração espontânea de seres vivos nos dias de hoje. Ou de conservar a visão finalista e utilitarista da natureza que os faz perceber um olho como um órgão "para ver", uma flor perfumada "para atrair um inseto", etc.

Pergunto: se é tão fácil e óbvio distinguir uma pedra ou um cristal de um ser vivo como um macaco ou um pé de alface, com qual finalidade a escola precisaria investir esforço em ensinar isso para os alunos?

Se não é tão fácil assim identificar as características de um ser vivo, por que, em situações de ensino, evitar problemas que geram dúvidas e incertezas, algumas existentes na própria comunidade científica, especialmente aquelas situações em que, pelo uso de

um determinado critério, ocorrem superposição das categorias "vivo e inanimado" ou dificuldades no reconhecimento das características clássicas dos seres vivos?

Penso que, ao restringir a abordagem do assunto a um enfoque descritivo, corremos o risco de manter apenas as explicações de outra natureza que não científica, reforçando a concepção de que "as coisas são como são". Não que esteja criticando a opção por concepções de natureza religiosa, mítica ou filosófica, pois essa deve ser uma opção pessoal, mas a tarefa do ensino de ciências é abrir outra oportunidade de escolha. Também não é o caso de desconhecer o valor pedagógico, científico ou nível de complexidade que uma abordagem descritiva pode ter, mas de apontar a necessidade de ultrapassá-lo, integrando as descrições, relações e transformações necessárias a qualquer nível de entendimento de determinado assunto.

No extremo oposto, ao reduzir a abordagem do assunto "o que é a vida" a um enfoque explicativo, corremos o risco de manter as explicações afastadas de situações cotidianas em que poderiam ser aplicadas. Esse tipo de abordagem normalmente é justificado no terreno de "um saber para o futuro". Mas, os alunos que não percebem a funcionalidade de uma teoria e a que ela se refere, podem perder facilmente o entusiasmo e o prazer na sua aprendizagem.

É o estabelecimento de relações e a compreensão das transformações que integram, em qualquer estado de conhecimento, os aspectos descritivo e explicativo. Estabelecer relações e lidar com transformações constituem terreno fértil para o surgimento de dúvidas, a identificação de lacunas, a criação de novos problemas, e, conseqüentemente, a necessidade de mudanças e elaboração de novas descrições e explicações.

Uma rede de atribuição de significados é, ao mesmo tempo, um conjunto de operações e um conjunto de valores e de explicações causais. Um conceito não existe isoladamente e aceita-se que ele não pode ser entendido de forma desvinculada, sendo estruturado internamente em relação com outros. Caracterizar essas relações, procurando explicar como são elaboradas e quais as implicações na aprendizagem, tem sido objeto de diversas investigações.

Para o professor, seria interessante refletir sobre as seguintes idéias, ao abordar o tema "o que é a vida" no ensino de ciências:

1. o conhecimento biológico, que poderíamos chamar de clássico ou normal, não apresenta um conceito de vida com um critério ou conjunto de critérios capaz de definir exaustivamente duas subclasses perfeitamente complementares na classe total de seres. Há sempre alguma forma de superposição entre as classes de seres animados e inanimados, quer nos limites do espaço ou do tempo;
2. a vida, enquanto objeto de conhecimento, só pode ser definida dentro de um momento histórico, de um marco epistêmico. Não é possível pois existir, entre os cientistas, um consenso verdadeiro sobre o conceito de vida;
3. o conhecimento biológico de "fronteira", aceito e comunicado por comunidades científicas contemporâneas, interpreta o fenômeno vida enquanto autopoiese, uma propriedade que emerge em sistemas abertos a trocas com o meio e fechados no sentido de auto-regulação. Esse conceito é sofisticado e requer compreensão profunda de conhecimentos de física, química e biologia;
4. reconhecer que os seres são categorizados em dois conjuntos, a classe dos vivos e a classe dos inanimados, com base em uma teoria ou explicação que foi construída e não descoberta, e que essa categorização pode mesmo mudar radicalmente e até deixar de fazer sentido, em outro marco epistêmico, pode ser um instrumento interessante para avaliação pedagógica de quais recortes fazer para abordar conceitos mais formativos, tanto sob o ponto de vista do conhecimento biológico quanto da natureza do conhecimento científico;
5. reconhecer que os diversos tipos de dificuldades e obstáculos que o aluno deve superar para apropriar-se das idéias científicas sobre a vida, enquanto fenômeno biológico, não são banais. A experiência subjetiva da vida não garante que ele a reconheça em outros seres. Se um observável é "aquilo que o sujeito julga constatar", enquanto não forem reformuladas as explicações que o aluno possui sobre o que seja vivo, ele não estará apto a reconhecê-la e caracterizá-la do ponto de vista biológico, na sua enorme diversidade de manifestações, nem a compreender seu valor ou importância.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como é possível o ensino de ciências e biologia abandonar ou considerar pouco proveitosa a questão "o que é vida"? Como é possível a biologia, ciência que estuda a vida, delegar o que é específico de seu objeto de estudo a outros campos de conhecimento? Como é possível compreender, identificar e explicar o fenômeno vida, do ponto de vista científico, restringindo-se a abordagens descritivas e classificatórias, abandonando o desafio de examinar e produzir diferentes explicações para o fenômeno?

Essas questões sempre me inquietaram, ao longo de muitos anos de reflexão sobre a prática como professora de ciências e biologia, e co-autora de livros didáticos. Neste trabalho, ainda que sob os limites de minha formação e do tempo, procurei investigá-las sob diferentes perspectivas. Ao buscar razões pelas quais a questão "o que é a vida" é normalmente abandonada ou relegada, encontrei sua riqueza, o quanto ela é aberta e complexa, socialmente relevante e pedagogicamente promissora no ensino de ciências.

Atualmente, parece ser consenso que o ensino de ciências e biologia precisa tornar-se menos informativo e mais formativo, se quisermos responder ao desafio da educação básica universal e compulsória. A escola assume novas responsabilidades: é preciso formar o cidadão autônomo, responsável, competente do ponto de vista não só cognitivo mas também afetivo, moral e social. Pergunto: como conseguir isso sem considerar alunos, e professores, sujeitos com idéias próprias, estimulando-os a expressá-las, a comunicar-se e interagir com os colegas, em cooperação?

O ensino que comunica rapidamente os conceitos científicos ou a descrição resumida do processo de sua produção não reconhece o trabalho do aluno na elaboração do seu conhecimento. Os exemplos em que o aluno lida com situações mais problematizadoras e abertas, apresentados no capítulo 4, indicam a tenacidade das suas explicações anteriores e a assimilação deformada de idéias previamente ensinadas.

Tendências contemporâneas na pesquisa em ensino apontam a necessidade de considerar os processos de aprendizagem para obterem-se resultados mais efetivos com os procedimentos de ensino. Recentemente, as explicações construtivistas e sócio-interacionistas para a produção do conhecimento têm tido mais prestígio e adesão, pelo

menos teórica, do professor.³⁴ Essas pesquisas sugerem também a necessidade de ensinar-se ciências e *sobre* ciências.

Mas, o que se observa ainda em termos de programas oficiais de ensino e dos programas desenvolvidos nas escolas, fortemente referendados no conteúdo dos livros didáticos, e neles próprios, é: extensão e desarticulação dos conteúdos; abordagem quase exclusivamente descritiva desses conteúdos; desconsideração de sua dimensão histórica ou sua consideração sob uma visão deformada da produção do conhecimento científico; desconsideração dos aspectos afetivos, valores e procedimentos necessários à sua compreensão; concepção de biologia restritamente mecanicista, implícita nos conteúdos; escassez de recursos didáticos que suportem uma prática mais coerente do professor com suas "novas" preferências teóricas.

Que mudanças o professor de ciências, em busca de maior coerência entre sua prática e essas novas preferências teóricas, precisa fazer? E como fazê-las, contando com uma formação reconhecidamente precária, desse ponto de vista? Por exemplo, mais do que procurar transmitir rapidamente quais as respostas cientificamente certas já formuladas pelos especialistas para problemas científicos, uma de suas tarefas principais passa a ser criar situações pedagógicas que permitirão ao aluno elaborar as idéias científicas por si mesmo, colocando suas próprias perguntas, buscando soluções em cooperação com seus pares, formulando explicações em diferentes níveis de entendimento.

Outro exemplo de mudança necessária refere-se à compreensão de que aquilo que julgamos constatar nos objetos é influenciado pelas explicações ou teorias que já possuímos. Isso coloca o erro, tanto o histórico quanto o do aluno, em outra perspectiva. A de uma outra verdade, dentro de outro modelo explicativo. Torna-se vão querer extirpar ou desconsiderar as idéias que os alunos trazem para explicar determinado fenômeno, ou tratar abordagens históricas de modo anedótico, fora de seu contexto. Pelo contrário, é preciso transformá-lo em objeto de investigação e fonte de dados para escolhas e decisões a respeito de como ser um mediador mais efetivo da aprendizagem. Onde obter apoio e referência para essa e inúmeras outras mudanças?

³⁴ Essa afirmação é baseada em contatos pessoais com professores do Ensino Fundamental de aproximadamente 200 escolas diferentes em nosso país, entre 1992 e 1997 e em dados de pesquisa em andamento, ainda não publicada, a respeito do perfil do professor de ciências da Rede Estadual de Minas Gerais.

A história da ciência, vista como "laboratório epistemológico de idéias" e considerada na perspectiva de que ela própria é reconstruída por um "narrador", dentro de um marco epistêmico, tem contribuições importantes. Ela pode ser fonte de consultas de processos de elaboração do conhecimento em contextos específicos. É possível fazer analogias funcionais entre modelos de desenvolvimento histórico de conceitos e desenvolvimento desses conceitos pelos alunos. Essas analogias focam, no processo de produção do conhecimento: a integração e reformulação do que é precedente e a sucessão da tríade intra-inter-trans na mudança de explicações menos abrangentes para explicações mais abrangentes.

Torna-se possível o uso da história da ciência em situações de ensino para: compreensão de como uma teoria ou modelo explicativo influencia uma constatação; identificação de lacunas e obstáculos na mudança conceitual; estabelecimento de novas relações; formulação de novas perguntas; relacionamento entre produção de um conhecimento e condições em que ele é produzido; identificação e questionamento de diferentes valores.

A questão "o que é a vida" está nas origens do pensamento, com uma longa história de múltiplas respostas, influenciada por diferentes visões de mundo. Escolhi duas concepções de vida como representantes de diferentes níveis de desenvolvimento do pensamento biológico: a aristotélica e a cartesiana. Considerei essas concepções como modelos para tentar estabelecer analogias funcionais entre o modo de explicar o fenômeno vida, de distinguir o vivo e o não-vivo, pelos alunos de hoje e por diferentes pensadores, no passado. Verifiquei a mudança da idéia de *anima* em níveis cada vez mais abrangentes de entendimento, com a separação entre a idéia de espírito (imaterial) e corpo, relacionada à concepção do movimento mais física. O funcionamento do organismo vivo é explicado, então, em termos da sua organização, sendo a memória dessa organização a matéria de sua hereditariedade.

O pensamento biológico mais intuitivo, do senso comum, é bastante aristotélico. Construir explicações biológicas mais científicas significa modificá-lo, o que não é fácil dada a sua correspondência com o que é percebido mais imediatamente no cotidiano e com as crenças mais profundas em nossa cultura. Nesse modelo, a natureza "nada faz em vão", cada elemento tem seu lugar natural num mundo que é dado, senão pelo criador, pela própria natureza antropomorfizada em agente fabricante. Vida é *anima*, motor, alma, mas essa alma não é desencarnada, separada da matéria, e nesse sentido é mais empírica do que a alma concebida como espírito, com a propriedade da transmigração, suporte da

imortalidade. É o cosmo inteiro que, nesse modelo, é dividido em dois mundos, com constituições diferentes, regidos por leis diferentes. O universo é hierarquizado em graus de perfeição e estratificado no mundo supralunar (do movimento circular, perfeito e eterno) e no mundo infralunar (onde erro e imperfeição são possíveis).

No modelo cartesiano, a alma pensante aristotélica é transformada em puro espírito pensante, separada do corpo, da matéria, e escapa da investigação empírica. O modelo cartesiano é a base do desenvolvimento da biologia atual, da idéia de que a vida pode ser reduzida a, e investigada como, um padrão de processos físico-químicos. Nesse modelo, ao contrário do outro, é o cosmo que se unifica, na composição de seus elementos e na universalização das regras para o movimento no mundo supra e infralunar.

Se, no modelo aristotélico, o conhecimento de natureza biológica era o referencial teórico que influenciava as observações físicas, no cartesiano acontece o contrário, é o conhecimento físico, especialmente da mecânica, que inspira o conhecimento biológico e químico construído posteriormente. Esse modelo é mais estranho às experiências cotidianas do senso comum e mais condizente com as de laboratório. A idéia de vida, de certa forma, perde sentido e utilidade no pensamento cartesiano e nas investigações biológicas posteriores.

A biologia molecular tem suas origens nesse modelo. Seu prestígio social, em função do nosso modelo de desenvolvimento ocidental, fundado numa visão de mundo mais intervencionista do que contemplativa da natureza, e o sucesso de sua contribuição para tecnologias recentes a tornam quase um sinônimo de biologia moderna.³⁵ Essa biologia moderna é referência do ensino de biologia e ciências e espelha a ausência do problema "o que é vida".

Nas fronteiras da biologia contemporânea, observamos um outro nível de entendimento e interação da biologia, física e química, que promete a identificação do que é específico da biologia. O fenômeno vida estaria submetido às mesmas leis atribuídas aos processos físicos e químicos e os elementos que compõem os materiais vivos e não-vivos são os mesmos, mas o conjunto de interações que suporta o fenômeno emerge como um padrão de complexidade. A vida seria uma propriedade coligativa, de sistemas abertos, autopoéticos e auto-regulados. Esse modelo coloca a causa da vida nela

³⁵ Atualmente, 70% dos anúncios classificados da revista semanal *Nature* para oferta de empregos e aperfeiçoamento profissional nos países desenvolvidos requerem qualificação ou experiência em Biologia Molecular.

mesma e, embora sugira interpretações vitalistas e seja por isso criticado, coloca os organismos na perspectiva de causa e efeito de si mesmos.

Para compreender essas idéias é necessário aceitar também outra forma de conhecer e investigar o fenômeno vida. Não basta separar, classificar e dividir, investigar cada parte de um organismo vivo, dissecando-o até a intimidade das moléculas, para depois entender o funcionamento do todo por simples adição desse conhecimento e explicar assim o que seja a vida. É preciso examinar, ao mesmo tempo, o todo e as partes de um sistema vivo para perceber as regulações e entender o fenômeno.

Estamos acostumados a uma biologia mecanicista que, tendo fragmentado e reduzido o fenômeno vida aos fenômenos moleculares, pretende explicar a causa da vida como um código feito de moléculas, que passa de uma geração a outra, servindo como banco de memória e princípio organizador. Mas esse princípio organizador, uma porção de ácido nucleico, isolado do todo, não manifesta os fenômenos vitais e comporta-se como um cristal.

A biologia intuitiva, de forte cunho aristotélico, do senso comum, não pode ser superada a não ser por reformulação pois, geralmente, é a partir dela que idéias científicas serão assimiladas. A teoria psicogenética de Piaget é um referencial importante para compreensão dessa reformulação. O desenvolvimento de outras idéias e visão de mundo tem que se apoiar sobre o entendimento dessa biologia intuitiva, para melhor trabalhá-las e promover sua evolução. Os exemplos de animismo e de antropomorfismo do capítulo 3 caracterizam bem isso. O ensino de biologia tende a demarcar-se de maneira absoluta nesse ponto, desconsiderando essas posições ou negando-as completamente, nem sempre distinguindo o que é constitutivo de pensamento infantil, quando o aluno sequer tem consciência da separação entre ele e um animal ou outro objeto, daquele analógico, no qual o "como se" representa diferenciação no curso de um desenvolvimento em elaboração.

Ao realizar esse trabalho, pude perceber as inúmeras dificuldades relacionadas à bibliografia, à carência de informações históricas com o enfoque mais promissor para uso específico em ensino de ciências e biologia e a lacuna que isso representa na formação de professor. Penso ser impossível esperar dos colegas, já tão sobrecarregados de tarefas, que espontaneamente se interessem pelo assunto, e reconheço a importância da inclusão de história da biologia na formação do professor, da necessidade de que publicações e traduções a esse respeito tornem-se mais disponíveis.

Percebo também a importância de incluir como competência a ser desenvolvida na formação dos professores, a avaliação e a elaboração de recursos didáticos, se queremos que ele, além de considerar o aluno como "sujeito da aprendizagem", considere a si mesmo como "sujeito do ensino".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-
- AMABIS & MARTHO: *BIOLOGIA. Das Células. Origem da Vida, Citologia, Histologia e Embriologia*. 1ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 1995.
- AMABIS & MARTHO: *BIOLOGIA. Das Populações. Genética, Evolução e Ecologia*. 1ª ed., São Paulo: Ed. Moderna, 1995.
- ANDERY, Maria Amália et al.: *Para compreender a ciência, uma perspectiva histórica*, 6ª ed., São Paulo: EDUC, 1996.
- ARIÈS, Philippe: *Sobre a História da Morte no Ocidente desde a Idade Média*. Trad. Pedro Jordão, Lisboa: Editorial Teorema, 1989.
- BAKER & ALLEN: *Estudo da Biologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1975, vol. 1.
- BARROS, Carlos: *Os Seres Vivos*. São Paulo: Ed. Ática, 1997, 50ª ed.
- BECKER, F: *A epistemologia do professor. O cotidiano da escola*. Petrópolis: Vozes, 1994.
- BIZZO, N. M. V. et al.: *Ciência Hoje*. Graves erros conceituais em livros didáticos de ciências. 121 (21):26-35, jun. 1996.
- BIZZO, N. M. V.: *Ensino de Evolução e História do Darwinismo*. Tese de doutorado FAE/USP, São Paulo, 1991.
- BODEN, M.A: *The philosophy of Artificial Life* New York: Oxford Univ. Press, 1996.
- BRASIL-MEC-FAE-PNLD: *Guia de Livros Didáticos*. 1ª a 4ª séries. Brasília: Imprensa Nacional, 1998.
- BRASIL-MEC-FAE-UNESCO: *Definição de Critérios para Avaliação dos Livros Didáticos. Português, Matemática, Estudos Sociais e Ciências*. 1ª a 4ª séries. Brasília, 1994.

- BRUMBY, Margareth N.: Students' Perceptions of the Concept of Life. *Science Education*. 66 (4) p.613-622, 1982.
- BRUN, Jean: *Sócrates, Platão e Aristóteles*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1994.
- CANGUILHEM, Georges: *Ideologia e Racionalidade nas Ciências da Vida*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- CAREY, Susan: *Conceptual Change in Childhood*. Massachusetts, The MIT Press series in learning, development and conceptual change. "A Bradford Book", 1985.
- CARVALHO, J. M.: *Desenvolvimento de la Ciudadanía en Brasil*. México: Colégio de México, 1995.
- CÉSAR e SEZAR: *Biologia*. 1ª ed. São Paulo: Ed. Saraiva, 1995.
- CELLERIER, Guy: La explicación en biología. In: APOSTEL, CÉLLERIER e outros: La explicación en las ciencias. Ed. Martínez Roca, S. A. Barcelona. 1977 (trad. Do original: L'explicacion dans les sciences, Paris: Flammarion, 1973).
- CURTIS, Helene: *Biologia*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1977.
- DERDYK, Edith: *Formas de Pensar o Desenho. Desenvolvimento do grafismo infantil*. São Paulo: Ed. Scipione, 1989.
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P e WOOD-ROBINSON: *Making Sense of Secondary Science. Support Materials for Teachers*. London e N.Y.: Routledge, 1994.
- FENSHAM, P. J.: Familiar but Different: Some Dilemmas and New Directions in Science Education. In FENSHAM, P. J. (ed.) *Development and Dilemmas in Science Education*. Barcombe, UK: The Falmer Press, 1991. 318pp.
- FILOCRE, J. e AGUIAR, O. G.: *Referenciais Teóricos para o Tratamento da Mudança Conceitual no Contexto do Ensino de Ciências*. Texto para o curso: Tópicos Avançados em Ensino de Ciências. Curso de Especialização em Ensino de Ciências. CECIMIG-FAE/UFMG, 1996.
- FILOCRE, J., GOMES, A. E. Q. e BORGES, O. N. : Modelos de capacitação de professores implementados pelo CECIMIG. V Encontro Nacional de Águas de Lindóia, Águas de Lindóia, 3 a 5 setembro de 1995.
- FREUD, S.: *Totem e Tabu e outros trabalhos*. Rio de Janeiro: Imago Editora Ltda., 1974.
- GIORDAN, A. e DE VECCHI, GÉRARD: *Les origines du Savoir. Des Conceptions des Apprenants aux Concepts Scientifiques*. Delachaux e Niestlé, Paris, 1990.

- GIORDAN, A: *Histoire de la Biologie*. Paris, Technique & Documentation – Lavoisiere, 1987.
- GOWDAK, Demétrio e MARTINS, Eduardo: *Ciências. Natureza e Vida*. Introdução à Biologia. Biodiversidade. Ecologia. 6ª série. (sem ref. De ed.) São Paulo: Ed. FTD, 1996.
- HOATH, Steven B.: Considerations On The Role Of Skin As The Boundary Of An Autopoietic System. *Workbook. Biology, Language, Cognition and Society*. International Symposium on Autopoiesis. Belo Horizonte, Brasil, November 18-21, 1997.
- HODSON, Derek: Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53-66, 1988.
- KHUN, T.: *A Estrutura das Revoluções Científicas* São Paulo: Ed. Perspectiva, 1994.
- KRASILCHICK, M: Caminhos do Ensino de Ciências no Brasil: Em Aberto. Brasília, ano 11, n 55, jul./set. 1992.
- LEWIN, Roger: *Complexidade. A vida no limite do caos*. (trad. Marta Rodolfo Schmidt) Rio de Janeiro: Rocco, 1994.
- LOVELOCK, James: *As Eras de Gaia. A Biografia da Nossa Terra Viva*. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1991.
- MAGEE, Brian: *The Great Philosophers. Na Introduction to Western Philosophy*. Londres: BBC Books, 1987.
- MATTHEWS, M. R.: *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. Nova Iorque: Routledge, 1994.
- MATURANA, H. e VARELA, F: *El árbol del conocimiento*. Santiago do Chile: Editorial Universitaria, 1984.
- MATURANA, Humberto e VARELA, Francisco: *De máquinas e Seres Vivos Autopoiese – a Organização do Vivo*. 3ª ed., trad. Juan Acuña Llorens. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- MILLAR, Robin: Towards a science curriculum for public understanding. *Science School Review*, v. 77, n 280, mar p 7-18, 1996.
- MINAS GERAIS-SEE: *Conteúdos Básicos. Ciclo Básico de Alfabetização à 4ª série do Ensino Fundamental. Matemática e Ciências*. Vol. 2. Belo Horizonte, 1994.

- MOREIRA, M. A. e OSTERMANN, F: Sobre o ensino do método científico. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v.10, n2: p.108-117, ago, 1993.
- MURPHY, Michael P. e O'NEILL, Luke A. J. (org.): *O que é a vida? 50 anos depois. Especulações sobre o futuro da biologia*. São Paulo: Cambridge/Ed. Unesp, 1997. Trad. OLIVEIRA, L. C. B.
- OGBORN, Jon: A map of Science. Personal submission to the National Curriculum Working Group of Science Education, 1988.
- OGBORN, Jon: A vulgar science curriculum. In JENNISON, BRENDA, & OGBORN,(ed.) *Wonder e Delight. Essays in science Education in honour of the life and work of Eric Rogers 1902-1990*. London: Institute of Physics Publishing, 1994. 238p.
- PACCA, J. L. A. e SARAIVA, J. A. F.: Causalidad y Operaciones en la Interpretación de las Concepciones Espontáneas. *Enseñanza de las Ciencias*, 1989, 7 (3), 266-270.
- PFUNDT, Reiders e DUIT, Helga: *Bibliography. Student's Alternative Frameworks and Science Education*. Kiel: Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften and der Universität, 1991.
- PIAGET, J e GARCIA, R: *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*, Mexico: siglo veintiuno ed., 1984.
- PIAGET, J. e col.: *A representação do Mundo na Criança*. São Paulo: Ed. Record. (s/ data) Trad. de Rubens Fiúza do original: *La Representation du Monde Chez L'Enfant*, Presses Universitaires de France, 1926.
- PICHOT, André: *Histoire de la notion de vie*. Paris: Gallimard, 1993.
- PRETTO, Nelson de Lucca: *A Ciência nos Livros Didáticos*. Campinas: Ed. da Unicamp CED-UFBA, 1985.
- ROLLAND, A e MARZIN, P.: Étude des critères du concept de vie chez des élèves de sixième. *Didaskalia*, 1996, 9 : 57-82.
- RONAN, Colin A: *História Ilustrada da Ciência Universidade de Cambridge*, Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed., vol. I.
- SANTOS, Maria Eduarda Vaz Moniz: *Mudança Conceptual na Sala de Aula*. Lisboa: Horizonte, 1991.
- SARAIVA, J. A. F: *Piaget e o Ensino de Ciências: elementos para uma pedagogia construtivista*. São Paulo, FAE/USP, 1991. Tese de doutorado.

- SARAIVA, J. A. F.: O papel da experiência no ensino de ciências. In: GOULART, I. B. (org.) *A Educação na Perspectiva Construtivista. Reflexões de uma equipe interdisciplinar*. Petrópolis: Vozes, 1998.
- SCHRAMM, F. R. : O fantasma da clonagem humana: reflexões científicas e morais sobre o "caso Dolly". *Ciência Hoje* 127 vol. 22, março/abril 1997-12-11.
- SMITH, C.U.: *El problema de la vida. Ensayo sobre as origenes do pensamento biológico*. Madrid: Alianza Ed., 1977.
- SOARES, José Luís: *Os Seres Vivos - Proteção à Biodiversidade - Ecologia e Saúde*. Primeiro Grau. 4ª ed. São Paulo: Ed. Moderna, 1996.
- SONCINI, Maria Isabel e CASTILHO Jr, Miguel: *BIOLOGIA*. Coleção Magistério. 2º grau. Série Formação Geral. 2ª ed. ver. São Paulo: Cortez Editora, 1990.
- WANDERSEE, J. H., MINTZES, J. J. e NOVAK, J.: Research on Alternative Conceptions in Science. In GOBEL, D. (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* Nova Iorque: Maxwell Macmillan Inter. 1996.
- WATTS, M. e Di BENTLEY: Humanizing and feminizing school science: reviving anthropomorphic and animistic thinking in constructivist science education. *Ins. J. Sci. Educ.*, 1994, 16 (1) 83-97.
- WILMUT, I. et al.: Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature*, v 385 issue nº. 6619, 27 fev. 1997, p.810-813.

ANEXOS

TABELA: Explicações sobre como surgem as montanhas

Explicações inferidas a partir dos desenhos e legendas	Total de desenhos
nascem	1
crecem	4
elas foram formadas pela natureza	1
elas surgem da ação humana	3
elas emergem acima do nível do chão a partir de montanhas pré-existentes abaixo desse	13
elas estavam pré-formadas embaixo da Terra, surgiram pelo abaixamento das águas que cobriam a superfície da Terra e então foram descobertas pelos seres humanos	1
A Terra esfriou e enrugou	1
O solo sobe por causa de terremoto e forma a montanha	1
Com o passar de muito tempo	1
Por causa da erosão	18
Por causa de materiais que são expelidos por vulcões	32
Um magma que encontra o outro e sobe	1
Por causa de uma metamorfose das rochas; primeiro as vulcânicas se transformam em sedimentares e depois essas em metamórficas.	1
Da aglomeração de terra, pedras ou areia, ou de "rochas que se condensam e dilatam"	6
Não foi possível inferir explicação	12

ILUSTRAÇÕES DE TRECHOS DE TEXTOS DIDÁTICOS ANALISADOS

1.1. EM QUE DIFEREM OS SERES VIVOS DOS CORPOS BRUTOS?

Que há de diferente entre uma PEDRA e um ANIMAL? Compare uma pedra com um macaco, por exemplo. A pedra se alimenta? Ela anda? Reproduz-se? A pedra morre?

Não, ela não faz nada disso...

E por que o macaco se alimenta, anda, se reproduz (tem seus macaquinhos) e morre?

Porque ele é um SER VIVO. Ele tem vida. E, por isso, ele nasce, cresce, fica adulto, se reproduz,

envelhece e morre. Ele realiza o que chamamos de CICLO VITAL.

CICLO VITAL é o conjunto de fases ou etapas que caracterizam a *vida*. Ele compreende o nascimento, o crescimento, a maturidade, a velhice e a morte. Na maioria dos casos, durante a maturidade, o indivíduo se reproduz.

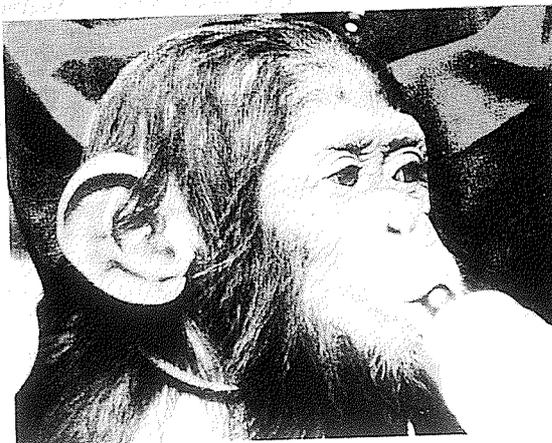
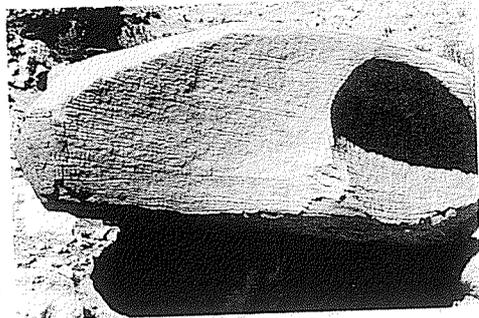


Fig. 1. Uma pedra é uma pedra... uma pedra... só uma pedra! Que atividade tem? Nenhuma. Livre de fatores destrutivos, ela pode durar eternamente. Então, afinal, em que difere a pedra do macaco?

Os seres vivos:

- nascem e morrem (não duram eternamente);
- consomem energia (por isso necessitam alimentar-se);
- reproduzem-se (para que não desapareçam).

Durante o tempo em que vive, o macaco precisa de energia para dar força e atividade às suas células e ao seu organismo. Essa energia ele obtém dos alimentos. Agora, você compreende por que

ele precisa alimentar-se constantemente? Mas para encontrar o alimento, fica mais fácil que ele vá à procura do alimento do que o alimento à procura dele. Logo, ele tem de ser móvel. Por isso, o macaco anda.

Se não se reproduzissem, os seres vivos se extinguiriam, isto é, desapareceriam do mundo, pois os indivíduos não duram eternamente... e nem surgem espontaneamente como as pedras.

As pedras se formam naturalmente no solo pela reunião de moléculas de substâncias minerais. Aliás, todos os corpos brutos não nascem nem morrem. Apenas se formam. E podem durar

FIGURA 10: Início do capítulo 1 do livro SOARES, José Luís: *Os Seres Vivos - Proteção à Biodiversidade - Ecologia e Saúde*. Primeiro Grau. 4ª ed. São Paulo: Ed Moderna, 1996, p.8.

Há possibilidade de existir vida, no ambiente aqui representado?

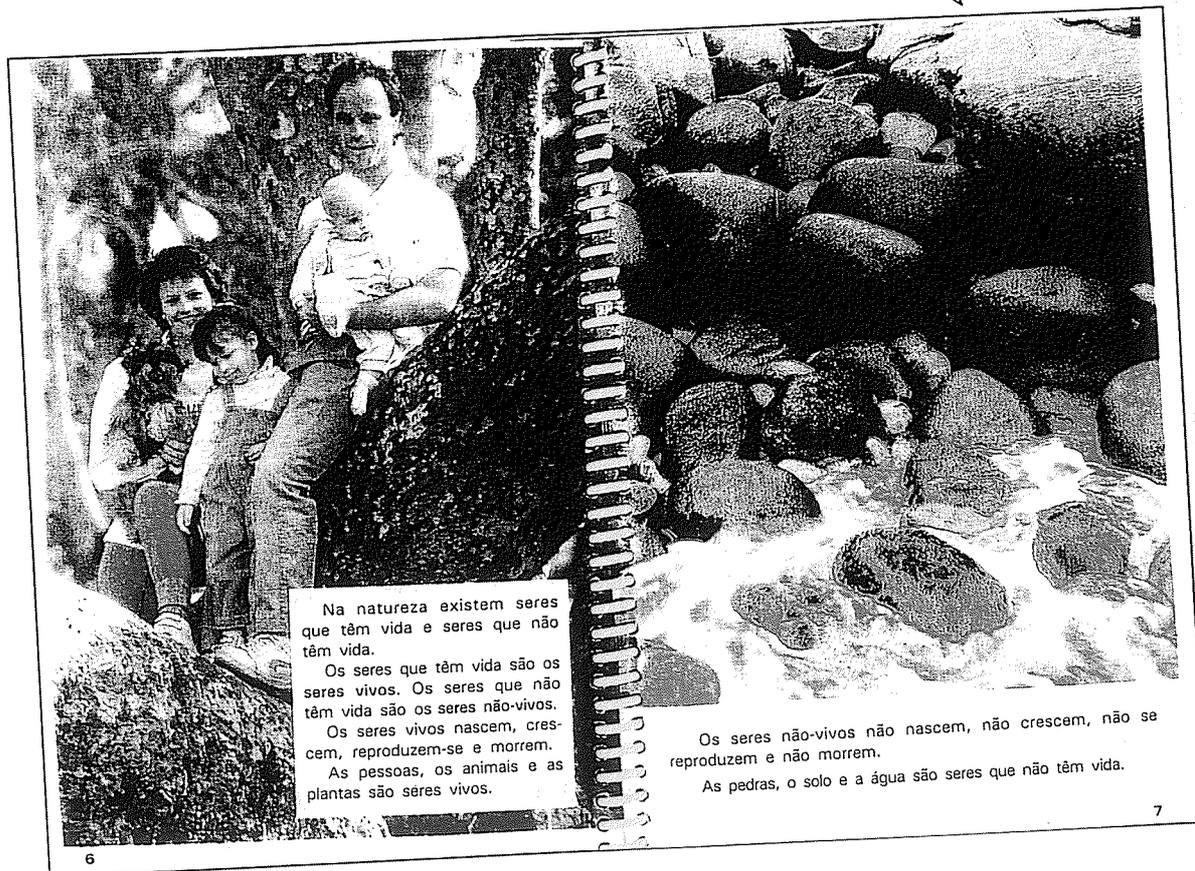


FIGURA 11: Capítulo 1 do manual do professor: Seres vivos e seres não-vivos. PASSOS, Célia e SILVA, Zeneide: *Eu gosto de Ciências. Programa de Saúde*. 1ª série. Ed Nacional. São Paulo Sem citação de data e edição. Disponível no mercado em 1977, p. 6-7

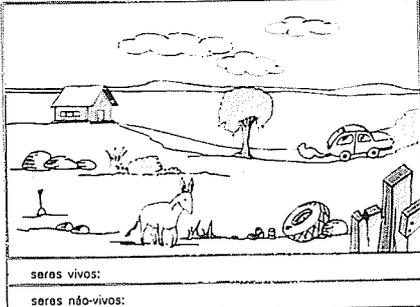
ATIVIDADES

2 Complete:

a) Os seres vivos nascem, criam-se, reproduzem-se e morrem

b) Os seres não-vivos não nascem, não crescem, não se reproduzem e não morrem

3 Escreva o nome dos seres vivos e dos seres não-vivos que aparecem no desenho:



seres vivos: _____

seres não-vivos: _____

4 Marque com X os seres que podem se reproduzir:

			
(X)	()	(X)	(X)

ATIVIDADES

5 Escreva na ordem certa o que acontece com cada ser vivo:

morre reproduz-se nasce cresce

O animal:

			
nasce	cresce	reproduz-se	morre

O vegetal:

			
nasce	cresce	reproduz-se	morre

6 Assinale sim ou não:

Os seres vivos crescem?
 sim não

Os seres não-vivos crescem?
 sim não

Os seres não-vivos morrem?
 sim não

Os seres vivos se reproduzem?
 sim não

18 19

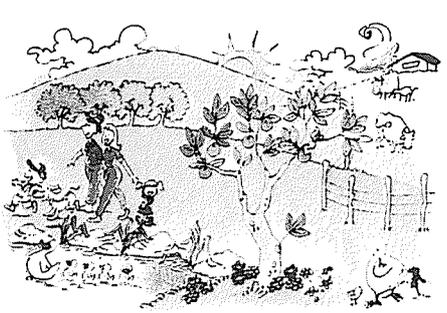
FIGURA 12: PASSOS, Célia e SILVA, Zeneide: *Eu gosto de Ciências. Programa de Saúde*. 1ª série. Ed

Nacional. São Paulo. Sem citação de data e edição. Disponível no mercado em 1977, p.18-19.

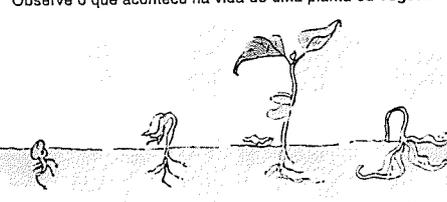
Exemplo do tipo de atividade proposta no capítulo 1, Seres vivos e não-vivos. Manual do professor. Os pressupostos inferidos são que: aprende-se por simples repetição de palavras e identificação de símbolos em representações gráficas; o professor não é capaz de analisar, por si mesmo, outras interpretações dos alunos e deve esperar como respostas corretas o que está grafado em vermelho. No exercício 2, completar significa "repetir como no texto". Qual atitude é estimulada? Obedecer instruções inferindo expectativas alheias. Dúvida e troca de opiniões não têm valor.

OS

Na natureza há seres vivos e seres que não têm vida. Os animais e as plantas são seres vivos. Os seres vivos nascem, crescem, se reproduzem e morrem.

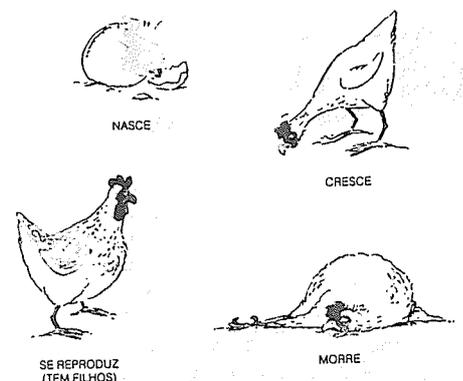


Observe o que acontece na vida de uma planta ou vegetal:



5

Observe o que acontece na vida de um animal:



As pessoas são seres que pensam, falam, riem, choram. Somos diferentes dos outros animais.

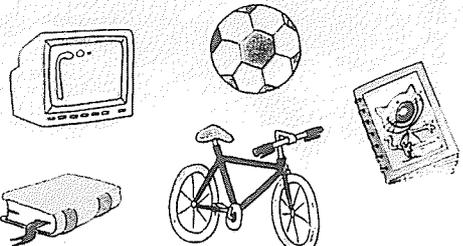


6

Há seres que não têm vida. Esses seres não nascem, não crescem, não se reproduzem, não morrem.



A televisão, a bicicleta, a bola, o livro, o caderno são objetos feitos pelas pessoas. Eles também são seres que não têm vida.



7

2. Pinte de amarelo os quadrinhos onde aparecem seres vivos e de azul onde aparecem seres que não têm vida.



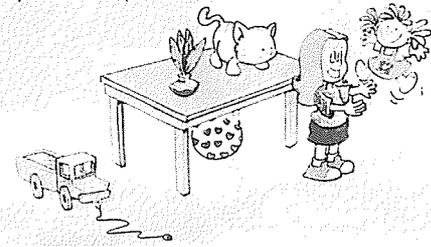
3. Ligue com as cores dos quadros.

ser vivo	tesoura amarelo
	laranjeira azul
	livro amarelo
	pedra amarelo
	peixe azul
ser que não tem vida	televisão amarelo

4. Circule:

a) o ser vivo que está em cima da mesa; gasão

b) o ser não-vivo que está à direita da mesa. banco



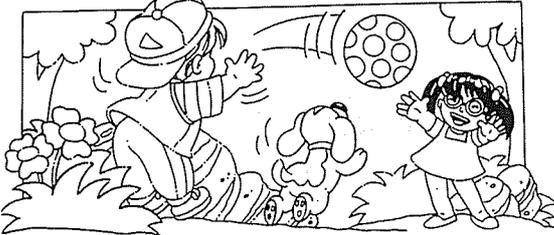
9

FIGURA 13: Exemplo de texto e atividades propostas para a série inicial do Ensino Fundamental. A confusão entre objeto e representação acaba provocando outra, de direita e esquerda.

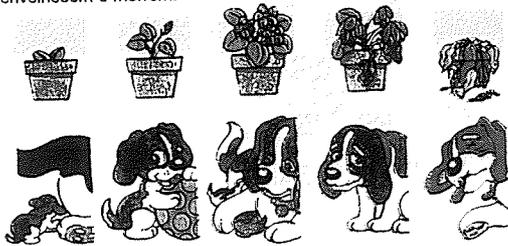
OLIVEIRA, E. C.: *Ciências - Programa de Saúde e Educação Ambiental*. Coleção Rosa dos Ventos. 1ª série. 1ª ed. São Paulo: Ed Moderna, 1994. Manual do professor.

**OS RECURSOS DA NATUREZA
— OS SERES VIVOS E OS
SERES BRUTOS**

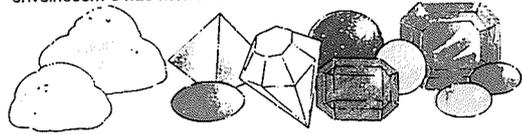
Observe atentamente a figura. Pinte quem precisa de água, de ar, de solo e de alimento.



A criança, o cachorro e as plantas são seres vivos. Os seres vivos nascem, crescem, podem se reproduzir, envelhecem e morrem.



As pedras são seres brutos. As pedras, sejam comuns ou preciosas, não respiram e não se alimentam. Não têm vida. Elas não nascem, não crescem, não se reproduzem, não envelhecem e não morrem.

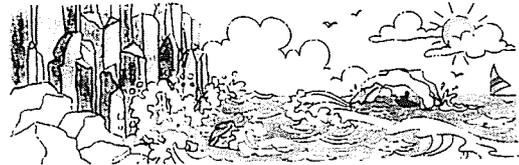


Os seres brutos não se modificam sozinhos. Como os seres brutos se modificam? Eles se modificam:

♦ pela ação do vento

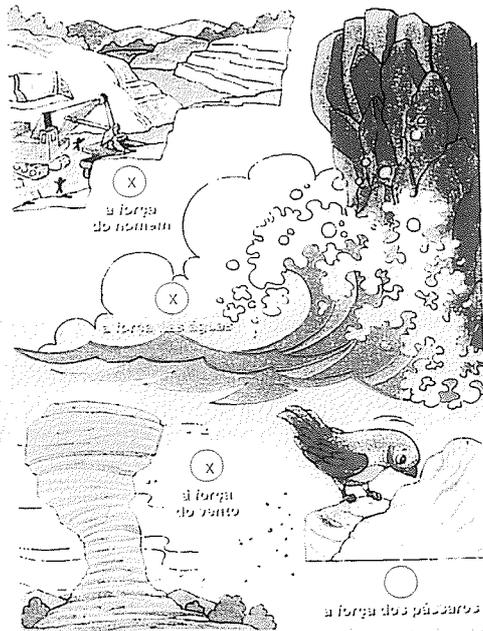


♦ pela ação da água

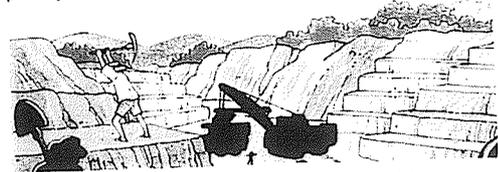


4. Os seres brutos não se modificam sozinhos.

Marque os desenhos que representam a força que podem modificá-los:



♦ pela ação do homem



O homem modifica os seres brutos, para utilizá-los.

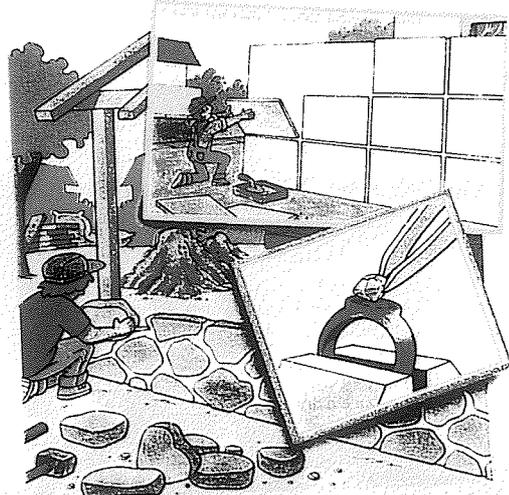


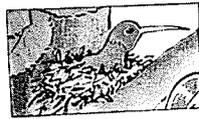
FIGURA 14: O quadro embaixo, à esquerda, é exemplo de atividade proposta.

MACHADO, Lucinéia: *Ciências para a nova geração*. São Paulo; Ed. Nova Geração, 1977 (sem citação de edição).

O QUE SÃO SERES VIVOS?

Em qualquer ambiente existem seres vivos e outras coisas que não são vivas.

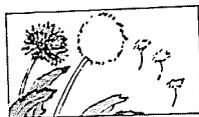
Os *seres vivos* são aqueles que:



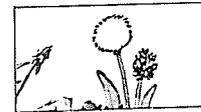
NASCEM



CRESCEM



REPRODUZEM



MORREM



Estas fases da vida constituem o ciclo vital de qualquer ser vivo. Os seres vivos, como as plantas e os animais, apresentam ciclo vital.

Os *seres não-vivos* não possuem ciclo vital.

FIGURA 15: A generalização "estas fases da vida constituem o ciclo vital de *qualquer ser vivo*" é falsa do ponto de vista biológico.

SANTOS, I. G. e SILVA, Maria de Fátima: *Espaço Ciências*. Livro de professor. Belo Horizonte: Ed Dimensão, 1996. (sem citação de edição).