

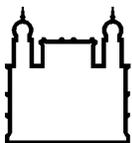
MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Mestrado de Pós-Graduação em Ensino de Biociências e Saúde

SELEÇÃO DE TEXTOS HISTÓRICOS PARA A ABORDAGEM DE
CONCEITOS DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO

MARIA JOSE BLONDEL ENRIONE

Rio de Janeiro
Março 2016



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biociências e Saúde

MARIA JOSE BLONDEL ENRIONE

**SELEÇÃO DE TEXTOS HISTÓRICOS PARA A ABORDAGEM DE CONCEITOS DE
EVOLUÇÃO BIOLÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Francisco Waizbort

RIO DE JANEIRO

Março 2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Biomédicas/ ICICT / FIOCRUZ - RJ

E59 Enrione, Maria Jose Blondel

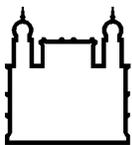
Seleção de textos históricos para a abordagem de conceitos de evolução biológica para o Ensino Médio / Maria Jose Blondel Enrione. – Rio de Janeiro, 2016.
x, 78 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, 2016.

Bibliografia: f. 75-78

1. Ensino de evolução. 2. Abordagem histórica. 3. Proposta didática. 4. Interação. I. Título.

CDD 372.35044



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biociências e Saúde

AUTORA: MARIA JOSE BLONDEL ENRIONE

**SELEÇÃO DE TEXTOS HISTÓRICOS PARA A ABORDAGEM DE CONCEITOS DE
EVOLUÇÃO BIOLÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ricardo Francisco Waizbort

Aprovada em: 04/05/2016

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Isabela Cabral Felix de Sousa - *Presidenta* (IOC/FIOCRUZ)

Prof. Dr. Filipe Cavalcanti da Silva-Porto (CAP/UFRJ)

Prof. Dr. Luiz Antônio Teixeira (COC/FIOCRUZ)

Profa. Dra. Carolina Nascimento Spiegel (*Revisora*) (IOC/FIOCRUZ)

Prof. Dr. Hylio Laganá Fernandes (*Suplente*) (UFSCar-Sorocaba)

Rio de Janeiro, março de 2016

Dedico este trabalho àqueles que acreditam na educação pública como meio de transformação social, e cotidianamente enfrentam as adversidades físicas, sociais e financeiras. Aos que fazem de suas lutas as aulas públicas mais importantes. Aos que são violentamente reprimidos quando exigem condições mais dignas de trabalho, aos grevistas, aos que ocupam e re-fazem escolas.

Agradecimentos

Este trabalho não é apenas o resultado das leituras referidas na parte final, mas sim uma pequena síntese de um bocado de coisas que se passaram ao longo dos últimos anos. Talvez muitas delas não estejam explícitas nas linhas deste texto, mas se fazem presentes todos os dias, seja nas minhas ações, pensamentos e conflitos como educadora ou como sujeito. Estar em uma cidade grande, complexa e desconhecida durante um dos momentos políticos mais intensos que pude vivenciar, com certeza transformaram minhas percepções sobre o mundo e a educação.

Assim como as discussões durante as aulas e as contradições que surgiam delas proporcionaram muitas inquietações e vontade de seguir enfrentando e questionando-as. Espero, portanto, conseguir contemplar boa parte das pessoas que se fizeram presentes durante este período e agradecê-las...

Primeiramente agradeço as pessoas que tiveram participação de forma direta na minha formação e na execução deste trabalho.

Ao orientador Ricardo Waizbort pela oportunidade confiada em mim, pela paciência e por todos os ensinamentos compartilhados.

Aos professores do programa, companheiros de turma e laboratório, que proporcionaram bons momentos de discussões e inquietações ao longo deste processo.

À professora Carolina Spiegel por sua revisão e cuidadosa leitura, contribuindo com valiosas sugestões para aprimorar este trabalho.

Evidentemente que um trabalho não se restringe a uma única autora seu orientador e as discussões que temos dentro de um instituto. Estes agradecimentos é o último item que incluo nesta dissertação, é de certa forma também o momento de fechar um ciclo, ou melhor, penso que se aproxima mais ao fechamento de uma das bordas da teia da vida que venho tecendo. Portanto, além das novas amarras não posso deixar de lembrar também dos nós anteriores e que de certa forma são parte do que sou, e no modo como vejo o mundo.

Ao Lucas, que aproveitamos o mestrado e a coincidências de dividirmos o mesmo teto para sermos apresentados formalmente, e assim compartilhamos vinagres e cafés, prosas e poesias. No meio de um turbilhão de novidades que tivemos bons momentos de luta e aprendizados, e a certeza que de ruas e vidas mais belas são possíveis.

Aos companheiros de Curicica que juntos construímos uma comunidade, onde trocamos afetos, experiências e almoços coletivos. Durante esse período muitas pessoas passaram e cada uma trouxe consigo um mundo novo para trocarmos e aprendermos com nossas diferenças. Obrigada Camila, Catalina, Daiane, Juliana, Liliana, Monica, Maurício, Nadia, Neiva, Thayane e Wilian pela companhia e por terem me acolhido nesta cidade.

Dentre esses encontros agradeço especialmente a querida Nadia que chegou repentinamente numa noite de verão e desde então tem semeado e regado a as árvores dos caminhos diários, cultivando dúvidas e desconstruindo minhas certezas. Obrigada pelos cafés que me aquecem e alimentam a alma. Talvez nossas revoadas nos leve para diferentes correntes, meu desejo é que ainda assim tenhamos infinitos motivos para um pouso, e mais um café ou um mergulho no mar.

Aos mestres e companheiros de Cia. pelas asas e por proporcionarem momentos mais perto do céu.

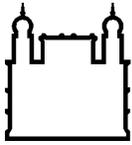
Agradeço também aos amigos de outras datas que mesmo com as distâncias maiores estiveram presentes em pensamentos e as vezes em agradáveis visitas. Obrigada Bia, Carla, Débora, Dedinha, Neio, Thiago, Samuel.

À Pauli que dividimos alegrias, angústias acadêmicas e pomodoros *on line*.

Agradeço a meu irmão Cris, e meu pai Cesar, pelas permanentes lições que nos damos com nossas durezas e silenciosos diálogos.

Los científicos dicen que estamos hechos de átomos, pero a mí un pajarito me contó que estamos hechos de historias.

Eduardo Galeano



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

SELEÇÃO DE TEXTOS HISTÓRICOS PARA A ABORDAGEM DE CONCEITOS DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO

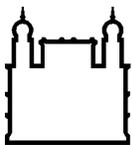
RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENSINO DE BIOCÊNCIAS E SAÚDE

Maria Jose Blondel Enrione

A evolução biológica nos últimos 100 anos tem alimentado muitas discussões no âmbito das ciências naturais. A literatura apresenta um certo consenso ao considerar a evolução o conceito unificador das Ciências Biológicas, tanto o é que somente depois da consolidação deste conceito a Biologia foi reconhecida como ciência independente. No entanto, diversos trabalhos relatam que estes conceitos evolutivos são, de maneira geral, pouco compreendidos pelos alunos e professores. A concepção equivocada dos conceitos evolutivos não interfere somente no entendimento de como as espécies se diversificaram na Terra, mas também reflete diretamente na compreensão de outros temas biológicos. Por exemplo, em temas relacionados ao cotidiano como questões ambientais, doenças, novas tecnologias e na própria compreensão de humanidade. A contextualização da história da ciência tem se apresentado como uma alternativa para superar a compreensão equivocada dos conceitos evolutivos dos estudantes. Além disso, a contextualização histórica também auxilia no entendimento dos processos de construção do conhecimento científico como uma produção humana e cultural. Frequentemente os livros didáticos não apresentam ferramentas que facilitem esta abordagem pelos professores. Neste contexto, baseado em outras experiências selecionamos textos de autores que ao longo da história discutiram os conceitos evolutivos. Os conceitos foram selecionados considerando trabalhos anteriores que identificaram nas concepções dos estudantes as maiores dificuldades com relação a estes conteúdos. Dessa maneira espera-se que os estudantes identifiquem semelhanças entre suas ideias e a desses autores, o que permitiria a abertura para outras ideias mais próximas da visão evolucionista atualmente aceita. Este trabalho se apresenta como uma forma de ampliar o repertório de recursos a ser utilizado pelos professores em suas práticas. Os textos escolhidos podem servir inclusive como fonte de estudos para os próprios docentes.

PALAVRAS-CHAVES: Ensino de evolução; abordagem histórica; Proposta didática



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

TEXTS OF SELECTION FOR HISTORICAL APPROACH CONCEPTS OF THE BIOLOGICAL EVOLUTION
TO SECONDARY EDUCATION

ABSTRACT

MASTER DISSERTATION IN ENSINO DE BIOCÊNCIAS E SAÚDE

Maria Jose Blondel Enrione

The Biological evolution over the past 100 has fueled many discussions within the natural sciences. The literature argues that there is a certain consensus to consider evolution the unifying concept of Biological Sciences, the fact is that only after the consolidation of this concept is that biology has established itself as an independent science. However, several studies report that evolutionary concepts are of generally misunderstood by students and teachers. The misconception of evolutionary concepts not only interferes with the understanding of the diversity of species on Earth, also directly reflects the understanding of the biology in everyday topics as environmental issues, diseases, new technologies and the understanding of humanity. The context of the history of science has been presented as an alternative to overcome the misunderstanding of evolutionary concepts students. Furthermore, the historical context also helps in the understanding of the scientific knowledge construction processes as a human and cultural production. Frequently the textbooks do not have tools that facilitate this approach by teachers. In this context, based on other experiments, we selected texts from authors throughout history have discussed the evolutionary concepts. The concepts were selected based on previous work which identified the pre conceptions of students the greatest difficulties with respect to these contents. Thus it is expected that students identify similarities between their ideas and those authors, which would allow the opening to other nearby ideas of evolutionary view currently accepted. This work is presented as a way to expand the resource directory to be used by teachers in their practices. The select texts can serve even as a source of studies for teachers themselves.

KEY-WORDS: Evolution teaching; Historical approach; Teaching proposition

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
	APRESENTAÇÃO: UM BREVE HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO	
1.1	BIOLÓGICA.....	1
	A CIÊNCIA NOS CURRÍCULOS ESCOLARES BRASILEIROS: ALGUMAS	
1.2	CONSIDERAÇÕES.....	6
2	JUSTIFICATIVA	15
2.1	DIFICULDADES ENSINO DE EVOLUÇÃO.....	15
2.2	LIVROS DIDÁTICOS E SEUS USOS.....	18
	EXPERIÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DE HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS PARA O	
2.3	ENSINO DE EVOLUÇÃO.....	24
2.4	CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E A MUDANÇA CONCEITUAL.....	28
3	METODOLOGIA	31
4	PROPOSTA	33
	LAMARCK, USO E DESUSO E HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS	
4.1	ADQUIRIDAS.....	33
	HAECKEL, USO E DESUSO E HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS	
4.2	ADQUIRIDAS.....	44
	DARWIN: USO E DESUSO, HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS	
4.3	ADQUIRIDAS, SELEÇÃO NATURAL.....	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO: UM BREVE HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

A evolução biológica é apontada como uma das teorias mais importantes e influentes do pensamento ocidental (FUTUYMA, 2002). Dentro das ciências biológicas esta importância também se atribui por ser considerado o conceito central destas ciências. Esses pressupostos também podem ser levados em conta na educação científica, principalmente a partir da década de 1950 período de grande ebulição da produção científica e tecnológica. Assim como nas diversas áreas científicas o ensino de evolução também possui perspectivas em disputa. A linha de pensamento que iremos nos pautar para o desenvolvimento deste trabalho compreende a evolução biológica como aspecto central para o entendimento de outros mecanismos relativos tanto as ciências da vida como de outras ciências.

Segundo os autores canadenses Jensen e Finley (1995; 1997) e outros trabalhos da literatura brasileira sobre o ensino de evolução (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; EL-HANI; BIZZO, 2002; GOEDERT, et al 2003; OLEQUES, 2014; SANTOS, 2002) é recorrente que estudantes e professores apresentem dificuldades de com relação a compreensão dos conceitos da evolução biológica. As dificuldades dos estudantes e professores passam por valores morais, religiosos e até mesmo estruturais do atual modelo de educação. De modo geral, um ponto em comum entre essas pesquisas são as distorções das ideias de evolução dos estudantes e professores, de modo geral apresentando-se distantes do modelo considerado cientificamente válido atualmente (BIZZO, 1991; GOEDERT, 2003). Para Jensen e Finley (1995; 1997), as concepções evolutivas dos estudantes possuem casualidade, finalidade e direção, além da ideia de evolução associada ao progresso. Esses aspectos identificados mostram que a evolução biológica está distante de ser compreendida como um processo gerador da biodiversidade, e que leve em conta uma longa escala de tempo e a ação do mecanismo de seleção natural. A partir dessas constatações podemos afirmar que as concepções prévias dos alunos do ensino médio sobre a teoria da evolução não são compatíveis com os modelos considerados válidos atualmente pela ciência.

No artigo publicado em 1997, Jensen e Finley relataram como desenvolveram atividades que abordassem a evolução biológica para estudantes do ensino médio. As propostas foram baseadas em textos de personagens históricos importantes na construção das concepções evolutivas. As atividades tiveram como base a teoria da mudança conceitual, portanto, a

intervenção teve como objetivo partir das concepções prévias dos estudantes sobre a evolução biológica. Assim pretendia-se que eles pudessem reorganizar suas próprias concepções, e ao final do processo pensassem a evolução biológica de forma mais coerente com a considerada válida. Outros autores (GOEDERT, 2004; SILVA; LAVAGNINI; OLIVEIRA, 2009), bem como algumas experiências vivenciadas pessoalmente em escolas públicas apontam alguns fatos sobre as condições e as dificuldades enfrentadas cotidianamente em boa parte das escolas da rede pública brasileiras. Dentre as questões que prejudicam a qualidade da formação dos estudantes iremos nos pautar na influência dos livros didáticos. Autoras como Selles e Ferreira (2005) afirmam que os livros didáticos atuam como um importante agente na definição dos currículos e também das práticas pedagógicas. Além disso, não são poucos os casos em que esses materiais são a principal, ou a única, fonte consultada na prática docente nas escolas brasileiras. Portanto, este trabalho tem como proposta apresentar um conjunto de textos de diferentes autores inspirados nas atividades elaboradas por Jensen e Finley (1995; 1997). Ampliando, dessa forma, o repertório de possibilidades para a abordagem da evolução biológica em sala de aula.

O fenômeno da vida passou a ser considerado mote de discussão no âmbito dos estudos sobre a natureza a partir do final do século XVIII. Até então os seres vivos eram estudados separadamente nas diferentes áreas das Ciências Naturais: Botânica, Zoologia, Fisiologia, etc. (MAYR, 1998). Os distintos ramos das ciências da natureza tinham como objetivo principal descrever e classificar os seres vivos em grandes grupos. A ideia de que as espécies de seres vivos poderiam sofrer modificações ao longo do tempo somente passou a ser uma forma de explicar a diversidade da natureza, para os chamados evolucionistas, a partir de meados do século XVIII. No entanto, essas ideias começaram a ter maior destaque somente no século XIX, aproximadamente um século depois dos primeiros naturalistas argumentarem contra o Fixismo dos seres vivos, explicação aceita até então para compreender a diversidade existente na Terra. Os Fixistas entendiam que os seres vivos conservavam suas formas e características da mesma maneira desde sua origem, ou seja, consideravam que as espécies uma vez criadas não sofreriam modificações ao longo do tempo. Esta visão sustentava que a origem de tudo o que conhecemos teria passado pelas mãos de um criador (MEYER; EL-HANI, 2005).

Dentre esses naturalistas do século XVIII podemos citar Jean Batiste Lamarck, um nome bastante citado quando se refere a evolução biológica, e ainda que tenha dado contribuições importantes neste campo no início de sua carreira como naturalista também acreditava no fixismo

dos seres vivos. Porém, suas publicações, segundo Martins (2007), demonstram que seu pensamento sobre a transformação dos seres vivos foi se modificando no decorrer dos anos. Vale a pena destacar que Lamarck viveu no auge da Revolução Francesa, este fato influenciou e estabeleceu uma nova forma de leitura de mundo em todas as instâncias do pensamento humano. O período da Revolução Francesa desencadeou diversas transformações políticas e intelectuais, como os movimentos de independência das colônias inglesas, que também teve desdobramentos na América do Sul, como o Bolívarismo (Bolívia, Colômbia, Peru, Equador, Panamá e Venezuela), e a Inconfidência Mineira no Brasil (ALMEIDA, 2005). Na Europa surge o Iluminismo, que no campo intelectual fazia críticas ao Antigo Regime, marcado pela centralização do poder (incluindo o conhecimento) pela Igreja Católica. Esta concepção também trouxe transformações filosóficas, transferindo a referência de Deus como o centro das ações (Teocentrismo) para o ser humano (Antropocentrismo), o que proporcionaria o avanço da ciência fundamentado na razão. Almeida (2007) ao se referir as transformações do Iluminismo diz que durante o estabelecimento este período houve um importante avanço e divulgação do saber científico. Neste novo contexto o saber foi convocado a descer da “torre de marfim” dos centros religiosos e salões da aristocracia e passa se comprometer com as necessidades da cidadania burguesa emergente (ALMEIDA 2007, p.23).

Ainda neste contexto vale ressaltar que Lamarck trabalhou durante aproximadamente 30 anos na coleção de conchas fósseis no Instituto Nacional de Ciências francês. Neste período também realizou trabalhos relacionados à geologia, à botânica e a outras áreas das ciências naturais, fatores que provavelmente fizeram com que o autor repensasse sobre a estabilidade das espécies na natureza (MARTINS, 2007). Não há registros de como se deu a mudança do pensamento em Lamarck, o que se sabe é que a partir de 1800 ele passa a defender a ideia de que as espécies se aperfeiçoam gradualmente, surgindo umas das outras numa conformação de graus de complexidade. Estas ideias foram apresentadas pela primeira vez na aula inaugural do curso que ministrava no Museu nesse mesmo ano de 1800.

Nos anos seguintes Lamarck publicou diversos trabalhos em que desenvolvia seu modelo de transformação dos seres vivos. Segundo ele, as espécies possuem uma tendência natural a tornarem-se mais complexas, formando novos órgãos e aperfeiçoando suas funções. As modificações ocorreriam de acordo com as mudanças de hábitos consequentes das alterações

ambientais, as transformações ocorrem, portanto, no nível individual e são transmitidas às novas gerações.

A publicação da obra de Darwin (*Origem das Espécies*, 1859) foi fundamental para confrontar a concepção de Lamarck, de que mudanças no indivíduo, ao longo de sua vida, originariam novas espécies. Para Darwin, a diversidade é explicada de outra maneira, sustentando a visão de que as diferentes formas de vida que observamos hoje são produto do processo de modificação de espécies ancestrais. Uma das maiores contribuições do trabalho de Darwin para as ciências da natureza foi a reunião de evidências que não podiam ser bem explicadas pelo Fixismo, sendo esclarecidas por outro mecanismo, a seleção natural. Todavia, a princípio a seleção natural e a herança de características adquiridas (hca) não funcionavam bem dentro de um mesmo sistema conceitual. No mecanismo defendido por Darwin a seleção natural demanda uma estabilidade das características ao longo das gerações, este aspecto não é considerado no modelo proposto pela herança de características adquiridas.

Após a publicação de *Origens das espécies* a evolução já era considerada um fato bastante aceito pelo menos por uma parte da comunidade científica. Entretanto, o conceito de seleção natural proposto por Darwin foi duramente questionado durante anos, passando inclusive por um período de rejeição (MAYR, 1998). As divergências começaram a diminuir apenas com o desenvolvimento dos estudos acerca da genética (mendeliana populacional), os quais apresentam uma explicação sobre como as características podem ser herdadas ou modificadas ao longo das gerações. A fusão dos pensamentos darwinistas e mendelianos resultou na construção da teoria evolutiva mais aceita atualmente, a Teoria Sintética da Evolução (MEYER; EL-HANI, 2005).

Desde então a seleção natural ocupa papel central nas ciências biológicas. Desatando os nós sobre questões que envolviam a diversidade de espécies de seres vivos na Terra, e sobre o mecanismo de adaptação dessas espécies nos diferentes ambiente em que vivem (FUTUYMA, 2002). Segundo Mayr (2005) a teoria da evolução por seleção natural também é responsável pelo reconhecimento da Biologia como ciência. Podemos afirmar que atualmente as pesquisas acerca da evolução biológica estão mais focadas em detalhar e aprimorar os mecanismos de modificação e seleção natural do que tentar propor outra explicação para a diversidade de espécies na natureza e suas adaptações (MEYER; EL-HANI, 2005).

O desenvolvimento das bases genéticas da evolução seguidos os primeiros trabalhos com genética de populações preencheram muitas lacunas da teoria de Darwin, possibilitando a

aplicação desses conceitos em modelos matemáticos (MARANDINO; SELLES, 2009). Esta ressignificação dos conceitos evolutivos fortaleceu a teoria darwinista influenciando outros campos das ciências biológicas. As discussões acerca do estabelecimento de um paradigma para a ciências biológicas, o que segundo Mayr (2005) durou aproximadamente 200 anos, também contribuíram para reforçar a ideia de que a evolução biológica seria o conceito unificador dos diversos ramos da biologia.

O trabalho desenvolvido por Silva (2011) apresenta diversos autores da história das ciências que discutem o papel da Evolução como eixo centralizador dos conceitos biológicos, e como essa discussão refletiu os currículos escolares. Para a autora, a perspectiva de unificação da biologia tornou-se mais evidente somente depois da Segunda Guerra Mundial, juntamente com o movimento que mais tarde culminaria na síntese evolutiva. Entretanto, esta visão não é unânime dentro da biologia, como ressaltam Silva (2011) e Selles e Ferreira (2005). Estas autoras apresentam visões dentro das ciências biológicas que contradizem a centralidade desses conhecimentos. As autoras colocam que diversos campos dessa ciência não se sentiram contemplados pela unificação. Este fato fica evidente principalmente nos conhecimentos que em um primeiro momento não foram incorporadas na síntese, como por exemplo, a ecologia, a microbiologia e a embriologia. A inclusão dessas áreas foram acontecendo à medida que as pesquisas foram se aprofundando, apresentando elementos que passaram a ser compreendidos pela síntese evolutiva. No caso da embriologia, por exemplo, somente após os estudos sobre a biologia do desenvolvimento obtiveram-se conhecimentos suficientes para ser inseridos na síntese, fornecendo importantes resultados sobre outros mecanismos que atuam na evolução biológica além da seleção natural. A microbiologia foi incorporada depois da criação do microscópio eletrônico, o que possibilitou estudos evolutivos a partir da visualização de microfósseis. No que se refere à ecologia Silva (2011) apresenta os argumentos de Smocovits (*apud* SILVA, 2011). Segundo a autora, entre as décadas de 1930-1950 a ecologia estava dividida em dois grupos: um voltado para aspectos mais funcionais e outro preocupado com questões mais amplas como o estudo de populações ao longo do tempo. A aproximação desses grupos na década de 1960 permitiu que se estabelecesse a ecologia da evolução. Silva (2011) destaca também que para Smocovitis (*apud* SILVA, 2011) é importante pensar o processo de unificação das ciências biológicas não como uma concepção definida, mas como algo que está em permanente construção.

1.2 A CIÊNCIA NOS CURRÍCULOS ESCOLARES BRASILEIROS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Nesta seção iremos discutir aspectos históricos sobre o ensino de ciências, apresentando a relação entre as concepções de ciências e as abordagens desses conteúdos. Assim, com esses elementos pretendemos observar os objetivos da formação escolar nos diferentes períodos. Outro ponto importante que queremos apontar é como conflitos históricos interferiram no desenvolvimento das ciências, e conseqüentemente também influenciaram diretamente na estrutura desta como disciplina escolar.

Segundo Goodson (1997), importante teórico do campo do currículo dentro da perspectiva sócio histórica, as disciplinas científicas escolares possuem diferentes finalidades, e estas variam historicamente. Nas palavras do autor, *a disciplina escolar é construída social e politicamente e os atores envolvidos empregam uma gama de recursos ideológicos e materiais à medida que prosseguem as suas missões individuais e coletivas* (GOODSON, 1997, p. 43).

Para compreendermos como os currículos de biologia se constituem atualmente é importante recorrer as reformas curriculares brasileiras ao longo dos anos. Além disso, também devemos considerar a importância que os livros didáticos exerceram nos diferentes cenários. Para tanto, vale ressaltar que muitas reformas nas políticas públicas de educação tiveram a participação direta de organizações internacionais. Portanto, faremos uma breve discussão sobre a influência e os interesses dessas organizações nas reformas, e os meios utilizados para impor a perspectiva desses grupos nos currículos nacionais.

Myriam Krasilchik (2000), em seu texto intitulado *Reformas e Realidade o caso do ensino das ciências*, faz um recorte das principais transformações dos currículos brasileiros entre os anos 1950-2000. A autora nos apresenta os principais fatos políticos que atuaram nas reformas curriculares e os objetivos da educação científica ao longo desses 50 anos. Desde os aspectos da conjuntura internacional, que participaram diretamente da elaboração dos currículos brasileiros, chegando as transformações internas que passaram a determinar as políticas educacionais nacionais.

Assim como Goodson (1997), a autora afirma que as escolas refletem as maiores mudanças na sociedade. Para demonstrar essas transformações, Krasilchik (2000) toma como marco os anos 1950. A partir deste período a ciência e a tecnologia passam a configurar um ponto

importante no desenvolvimento econômico, cultural e social. Dessa maneira, o ensino de ciências, conseqüentemente também passa a ganhar maior destaque nas reformas educacionais.

Lorenz e Barra (1986) também apresentam um apanhado histórico das décadas de 1950 a 1970. No texto as autoras relatam o surgimento das instituições voltadas para fortalecer o desenvolvimento científico e as políticas públicas de educação científica subsequentes. A partir de meados da década de 1940 surgem as primeiras instituições nacionais voltadas a produção de materiais didáticos. Dentre elas destacamos o Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura (IBECC), segundo Lorenz e Barra (1986), criada para representar a Comissão Nacional da Unesco no Brasil. Esta instituição foi responsável por impulsionar o movimento de modernização dos materiais didáticos de ciências no Brasil (LORENZ; BARRA, 1986). Durante as décadas de 1940 e 1950 o IBECC teve papel fundamental no desenvolvimento de projetos e materiais didáticos para a educação básica, amplamente distribuídos pelas escolas do Estado de São Paulo. Na mesma década de 1950 o IBECC passa a ser reconhecido como referência nacional, principalmente pelo sucesso dos *kits*, contendo propostas de atividades e experimentos para as disciplinas científicas, que alcançaram muitas Escolas Normais do país. A visibilidade atraiu o apoio do então Ministério da Educação e Cultura (MEC) e investimentos de outras instituições estrangeiras como a Fundação Rockefeller. Nesse período o apoio de instituições deste tipo se amplia também para outros países do continente latino-americano (LORENZ; BARRA, 1986).

Para Krasilchik (2000), a disputa pela hegemonia mundial representada pela Guerra Fria, no final da década de 1950, modificou completamente o cenário da educação científica. Estas mudanças ocorreram em diversos outros países ao redor do globo, porém, de diferentes formas segundo o lado apoiado no conflito. No caso do Brasil prevalecia o domínio dos Estados Unidos, como em boa parte da América Latina. Ainda que, em boa parte desses países o apoio tenha sido imposto através da instauração de ditaduras militares, financiadas pelos próprios Estado Unidos. Um fato bastante evidente deste momento ocorreu nos anos 60, a ampla vantagem da União Soviética sobre os Estados Unidos na corrida espacial, colocou em cheque a educação científica implementada até então. A conclusão que a educação científica não estava colaborando para a inovação científica e tecnológica estimulou a promoção de reformas no ensino de ciências. A reforma nas políticas de educação se justificava na ideia de que a formação de uma elite que pudesse garantir o desenvolvimento tecnológico, exigia currículos científicos que deveriam estimular os jovens a seguir uma carreira científica (KRASILCHIK, 2000).

Assim, os Estados Unidos se dedicam ao desenvolvimento de projetos para o ensino de física, química, biologia e matemática voltados para o ensino médio. Através do financiamento público garantiram a participação das universidades e importantes acadêmicos. O resultado foram os materiais curriculares de cada disciplina amplamente conhecidos por suas siglas: Física-PSSC (Physical Science Study Committee), Biologia-BCSC (Biological Science Curriculum Study), Química-CBA (Chemical Bond Approach) e Matemática-SMSG (Science Mathematics Study Group). As atividades dos materiais tinham como objetivo que os alunos fossem apresentados ao processo de investigação científica, voltado para o chamado "método científico".

Nesse momento a Fundação Ford implementava em outros países da América Latina comissões de assistência técnica, com o objetivo de melhorar a qualidade do ensino de ciências nesses países (LORENZ; BARRA, 1986). No Brasil, a participação da Fundação Ford ocorre em parceria com o IBECC, através do financiamento para a vinda de cientistas dos Estados Unidos para São Paulo, treinamento de professores e a distribuição dos *kits* que já estavam sendo produzidos.

Pouco tempo depois, em 1961, ocorre a promulgação da primeira lei de regulação da educação básica do novo período republicano, a Lei 4.024- Lei de Diretrizes e Bases da Educação¹ (LDB). A nova legislação acabou com a obrigatoriedade dos programas oficiais de ensino, abrindo caminhos para a implementação das novas propostas curriculares. O papel da escola e da educação também passaram por profundas transformações. Os currículos são modificados, e as disciplinas científicas passam a ter mais espaço em todos os anos de escolaridade (ginásial e colegial). O ensino de ciências tem como objetivo desenvolver o espírito investigativo através da lógica do método científico, com prioridade de desenvolver a capacidade de tomada decisões baseado em informações e dados (LORENZ; BARRA, 1986; KRASILCHIK, 2000).

A avaliação positiva dos trabalhos desenvolvidos pelo IBECC e a nova LDB facilita a implementação dos projetos curriculares produzidos nos Estados Unidos. Dessa forma, com o financiamento da Fundação Ford, o apoio da United States Agency for International Development (USAID) e o convênio com a Universidade de Brasília o IBECC se responsabiliza pela tradução e adaptação dos novos projetos. Para Lorenz e Barra (1986), esperava-se que com a

¹ Lei 9.394, aprovada pela primeira vez em 1961, passando por duas reformulações em 1971 e mais recentemente em 1996.

utilização desses livros didáticos seria impulsionada a transformação do ensino de ciências, juntamente com a modificação de atitude dos professores e estudantes.

Entre 1961 e 1967 o IBECC se dedica em traduzir e adaptar os primeiros volumes do novo currículo estado unidense. No primeiro momento o instituto dedica-se a tradução dos estudos de física, biologia e química (LORENZ; BARRA, 1986). Muitos programas do Ensino Médio, até hoje, apresentam características desses currículos, afirmam as autoras Selles e Ferreira (2005) e Krasilchik (2000). Esta questão é ainda mais evidente no caso das ciências biológicas.

Os novos projetos se adequaram muito bem ao cenário brasileiro. Neste período o país precisava desenvolver a ciência e tecnologia para atender as necessidades de um país em processo de industrialização. Além disso, a escassez de matéria-prima e produtos industrializados, durante a 2ª Guerra e o período pós-guerra, exigiam uma produção científica independente (KRASILCHIK, 2000). Embora não se encontrem dados avaliativos sobre a utilização desses volumes, a grande quantidade de exemplares publicados indica uma boa aceitação entre os professores (LORENZ; BARRA, 1986).

De acordo com Smocovits (*apud* SILVA, 2011) os novos currículos evidenciam a influência da discussão acadêmica na organização dos conteúdos. A implementação das coleções didáticas *BSCS (Biological Sciences Curriculum Study)* reafirma o empenho em introduzir uma nova visão dos conteúdos de biologia. Selles e Ferreira (2005), após analisarem diversos livros didáticos, confirmam que a partir deste momento os conteúdos de Evolução passam a compor os programas de biologia. A reconfiguração dos currículos da Educação Básica também atuou como uma ferramenta disseminadora da perspectiva da evolução biológica como unificadora dos conhecimentos, necessária para fortalecer a biologia como ciência autônoma. Entretanto, outros autores (KRASILCHIK, 2000; SELLES; FERREIRA, 2005; SILVA-PORTO; LUZ; WAIZBORT, 2007) afirmam que a evolução como eixo centralizador dos conteúdos não era consensual, uma vez que os *BSCS* foram editados em três volumes diferentes que abordavam diferentes aspectos “bioquímicos”, “ecológicos” e “celulares”.

Pouco tempo depois, com o golpe militar em 1964, novas mudanças ocorrem na política do estado brasileiro. A ruptura no modelo político possui consequências imediatas na educação, entretanto, somente em 1971 são estabelecidas as novas normas legais através da Leis de Diretrizes e Bases nº 5.692. O novo regime mudou completamente os objetivos da educação

básica, que nesse momento passa a ter a responsabilidade de formar o trabalhador que deverá atuar no desenvolvimento econômico do país (KRASILCHIK, 2000).

A formação científica também foi diretamente atingida, sendo completamente descaracterizada da visão até então implementada, incorporando aspectos tecnicistas e profissionalizantes. Krasilchik (2004) também identifica elementos bastante contraditórios na nova reforma. Como por exemplo, a valorização das disciplinas científicas no documento oficial, conflitando na prática com a inserção de disciplinas mais voltadas para o mundo do trabalho. A perspectiva profissional não foi bem-sucedida, seja nas instituições privadas como nas públicas. As escolas particulares tinham sua formação voltada para o preparo dos estudantes para o ensino superior, portanto, não possuíam interesse ensino profissional. Após a oficialização da nova proposta educativa, as instituições particulares criaram mecanismos que as possibilitaram trabalhar os conteúdos gerais com rótulos profissionalizantes. Outro fato problemático era que os novos conteúdos curriculares e metodologias previstos não eram compatíveis com a produção didática desenvolvida até então (LORENZ; BARRA, 1986). Além disso, o pouco investimento financeiro nas escolas públicas não garantia uma formação de qualidade, gerando técnicos com pouco aproveitamento pelo mercado de trabalho. Portanto, a mudança dos objetivos da educação contribuiu para a ampliação das desigualdades sociais (KRASILCHIK, 2000). Segundo Frigotto (2002), a reforma da década de 1970 foi inspirada na Teoria do Capital Humano, que atribuiu a educação a responsabilidade de proporcionar o desenvolvimento da nação e ascensão social dos indivíduos.

Em 1972, o antigo Ministério da Educação e Cultura (MEC), com o objetivo de solucionar os novos problemas apresentados, lança o Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências, sob a responsabilidade do Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN). O programa assumiu uma série de responsabilidades para a promoção do ensino de ciências nos moldes da nova LDB, contando novamente com o apoio financeiro da United States Agency for International Development (USAID).

Neste cenário, Lorenz e Barra (1986) apontam que a década de 70 foi bastante produtiva para as principais instituições (IBECC/PREMEN) responsáveis pelo desenvolvimento de projetos para o ensino. Ao final da década, o projeto de promover o ensino de ciências deixa de ser prioridade para o MEC, principalmente pela dificuldade de financiamento dos projetos. As

atuações limitadas das instituições afetam os índices de produtividade, problema que se estende pela década de 1980.

Os anos de 1980 foram marcados pelos regimes autoritários e poucas mudanças estruturais na educação. Somente no final dos anos 1980, com o início da redemocratização e a promulgação da nova Constituição, o modelo de educação começa a ser revisto. O fracasso do sistema de ensino profissionalizante compulsório, cada vez mais evidente, exigiu novas alternativas para as escolas do país. A diminuição do impacto dos institutos deslocou as pesquisas para as universidades, favorecendo a expansão dos cursos de pós-graduação na área de educação científica pelo país (Marandino, 2002). Slongo (2004), a partir da análise de teses e dissertações publicadas na temática do Ensino de Biologia, desenvolvidas nos programas de pós-graduação nacionais entre 1972 e 2000, observa um crescimento notável de defesas na década de 1990. Segundo os dados da autora mais de 50% das dissertações e 70% das teses foram defendidas nos anos de 1990 (SLONGO, 2004). O crescimento do campo dentro do meio acadêmico favoreceu a abertura para outras tendências no ensino de ciências, com diferentes abordagens sobre sociedade, ciências, processos de ensino e aprendizagem, entre outros.

Somente em 1996 entra em vigor a nova Lei de Diretrizes e Bases, nº9.394/96, a reforma propõe um novo papel para a educação escolar. O ponto importante para a nossa discussão é que a partir da nova LDB foram elaborados documentos oficiais para que as prescrições fossem, de fato, colocadas em prática. Dentre eles os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), na primeira edição publicada em 1998 contemplava somente o Ensino Fundamental. Em 2002 são publicados os volumes referentes ao Ensino Médio, estes passam a ser os documentos de referência para orientar os currículos da educação básica até o presente momento.

Os PCNs têm como objetivo traçar linhas para os currículos escolares pautado em competências e habilidades necessárias para que os estudantes tenham consciência e autonomia em sua inserção à vida adulta e à cidadania. Para Neves (2004), os objetivos principais dos PCNs eram reduzir as desigualdades de acesso e permanência (diminuindo as altas taxas de evasão e repetência); melhorar as condições de ensino-aprendizagem e a infraestrutura das escolas com foco na formação dos professores.

Para a autora a base pedagógica que orientam os PCNs, e o princípio fundamental de todo o documento, é a democratização de uma educação de qualidade associada a criação de condições para a construção da cidadania, vinculado ao mundo do trabalho e à prática social. A prática

educativa deve deixar de ser pensada como um acúmulo de técnicas e passar a ter uma reflexão crítica (NEVES, 2004).

Krasilchik (2004) resume os objetivos dos Parâmetros Curriculares Nacionais da seguinte maneira:

A formação básica do cidadão da escola fundamental exige o pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo, a compreensão do ambiente material e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade. O ensino médio tem a função de consolidação dos conhecimentos e a preparação para o trabalho e a cidadania para continuar aprendendo. (p.5)

Neves (2004) afirma ainda que os PCNs compreendem a cidadania como um conceito mais ampliado. A autora compreende que ele não se limita apenas a participação política, mas entende o cidadão como um ser atuante nos mais diversos espaços, inclusive no processo de construção do conhecimento juntamente com os demais atores que participam do processo educativo. A autora identifica nos Parâmetros a importância dada aos conhecimentos historicamente produzidos como um instrumento essencial para o exercício da cidadania, considerado o referencial comum do documento. No entanto, para essa unidade deve-se ter em conta o respeito a diversidade, valorizando a pluralidade, cultural, de costumes e regionais que compõem a população brasileira. Nesse sentido, para que a diversidade seja respeitada diferentes linguagens, recursos tecnológicos, tipos de expressão e comunicação devem ser utilizados.

Santos e Oliosi (2013) destacam que a abordagem contida nos PCNs possui uma base construtivista, este pressuposto teórico emerge do crescimento das investigações em educação científica, principalmente da Europa e Estados Unidos nos anos de 1960. Na década seguinte ganham espaço nas pesquisas nacionais, principalmente porque nesse período a ocorre a expansão da pós-graduação como já citado anteriormente (Marandino, 2002). Para Marandino (2002), as discussões acumuladas nesse processo passam a ter participação inclusive na formulação dos documentos oficiais, como os PCNs.

Nos anos seguintes, Slongo (2004) afirma que as pesquisas no campo do ensino de ciências diversificam cada vez mais as tendências teóricas, com o objetivo de atender as novas questões colocadas pela sociedade atual e pelos PCNs. A preocupação com a relação entre ciência e sociedade tornam-se mais presentes nas abordagens construtivistas. Dessa forma, intensificaram-se as discussões em torno dos tópicos de história e filosofia das ciências nos

programas curriculares (KRASILCHIK, 2000). Para Marandino (2002) *a forte presença de uma visão a-histórica e centrada nos produtos da ciência nos materiais e nas aulas de ciências, em detrimento de uma abordagem social e cultural*, colocaram a necessidade de incluir outros fatores como os aspectos éticos, econômicos e sociais no ensino de ciências. A mesma autora justifica que a *contextualização histórica e social dos fatos científicos possa auxiliar na promoção de uma visão crítica da ciência, de seus impactos na sociedade, auxiliando no posicionamento dos indivíduos sobre seus efeitos* (MARANDINO, 2002, p.7).

No caderno dos PCNs sobre ciências da natureza e tecnologias estão descritos os conhecimentos que devem ser privilegiados durante o Ensino Médio. De acordo como documento ao final do processo educativo, os estudantes devem ter desenvolvido competências e habilidades consideradas essenciais para intervir nas diversas situações da vida cotidiana. No que se refere aos conceitos evolutivos o seguinte trecho evidencia a importância desses conteúdos, bem como a sua contextualização histórica:

Conhecer algumas explicações sobre a diversidade das espécies, seus pressupostos, seus limites, o contexto em que foram formuladas e em que foram substituídas ou complementadas e reformuladas, permite a compreensão da dimensão histórico-filosófica da produção científica e o caráter da verdade científica. Focalizando-se a teoria sintética da evolução, é possível identificar a contribuição de diferentes campos do conhecimento para a sua elaboração, como, por exemplo, a Paleontologia, a Embriologia, a Genética e a Bioquímica. *São centrais para a compreensão da teoria os conceitos de adaptação e seleção natural como mecanismos da evolução e a dimensão temporal, geológica do processo evolutivo.* Para o aprendizado desses conceitos, bastante complicados, é conveniente criarem-se situações em que os alunos sejam solicitados a relacionar mecanismos de alterações no material genético, seleção natural e adaptação, nas explicações sobre o surgimento das diferentes espécies de seres vivos. (BRASIL, 2002 p. 17, grifo nosso)

Os PCNs são documentos com o objetivo de traçar direcionamentos para as disciplinas da educação básica. Portanto, os estados e municípios possuem autonomia sobre quais conteúdos deverão ser contemplados nos seus currículos, assim como a maneira como estes serão elaborados. Assim, dentre os documentos oficiais que pautam os currículos escolares no Estado do Rio de Janeiro encontramos o Currículo Mínimo. Este documento foi desenvolvido e implementado pela Secretaria de Educação do Estado (SEEDUC-RJ) em 2011. Os objetivos de acordo com o documento são:

Orientar, de forma clara e objetiva, os itens que não podem faltar no processo de ensino aprendizagem, em cada disciplina, ano de escolaridade e bimestre. Com isso, pode-se garantir uma essência básica comum a todos e que esteja alinhada com as atuais necessidades de ensino, identificadas não apenas nas legislações vigentes, Diretrizes e Parâmetros Curriculares Nacionais, mas também nas matrizes de referência dos principais exames nacionais e estaduais. (RIO DE JANEIRO, 2011, p. 03).

De acordo com o Currículo Mínimo ainda, os estudantes devem ser apresentados aos conteúdos de evolução no 6º ano do ensino fundamental. No entanto, este tema deve ser aprofundado no Ensino Médio, especificamente no 3º bimestre do 1º ano. O documento explicita que neste período dentre as habilidades e competências a serem estimuladas pelo professor estão a comparação de textos históricos e teorias evolucionistas de Lamarck, Darwin e a neodarwiniana.

As evidências e o conjunto de explicações evolutivas para os fenômenos naturais garantem mais consistência que a visão criacionista, justificando a pertinência deste tema nos currículos. Além disso, os conceitos evolutivos e suas contribuições não se limitam somente ao campo científico, estando diretamente conectado a questões com implicações sociais. A exempli podemos citar aspectos sobre saúde humana, agricultura, conservação ambiental, compreensão da humanidade, entre outras (FUTUYMA, 2002).

Neste sentido, compreendemos que o pensamento evolutivo esclarece fenômenos quanto a história e adaptação da diversidade em todos os campos das ciências biológicas. Ou seja, permite fazer análises e previsões sobre o desenvolvimento da vida nos múltiplos cenários e condições da Terra (CARNEIRO, 2004). Futuyma (2002) considera ainda, a evolução biológica o conceito mais importante da biologia moderna.

2. JUSTIFICATIVA

2.1 DIFICULDADES ENSINO DE EVOLUÇÃO

Apesar da literatura citada anteriormente recomendar e reconhecer a importância dos conhecimentos evolutivos nos currículos de Biologia, na prática esta perspectiva se choca com a dificuldade de abordar a temática dentro do espaço escolar. Diversos estudos (BIZZO, 1991; GOEDERT, 2004; SANTOS, 2002) apontam que estudantes e professores dos mais variados níveis apresentam concepções sobre as teorias evolutivas controversas ou mal compreendidas. Tratando-se de um tema fundamental a teoria da evolução exige uma compreensão sólida dos seus conceitos básicos, a falta de clareza de determinados aspectos do processo pode levar a conflitos com implicações de valores pessoais, éticos, religiosos, filosóficos, ideológicos e políticos (ALMEIDA; FALCÃO, 2005).

Bizzo (1991) em sua tese de doutorado intitulada *Ensino de Evolução e História do Darwinismo* traz contribuições para compreender essas dificuldades. O autor fez um levantamento bibliográfico com o objetivo de identificar as diferentes concepções dos alunos sobre os conceitos evolutivos. A partir desses dados Bizzo (1991) elaborou questionários para investigar a compreensão dos conceitos evolutivos de estudantes da educação básica. Os resultados apontam para uma compreensão simplista sobre o tema, com explicações muito relacionadas ao “senso comum” ou ideais pré-darwinianas. As respostas mostram que os alunos explicam conceitos como hereditariedade, seleção natural e adaptação de forma pouco coerente e distante das concepções consideradas válidas cientificamente. As modificações nas características dos seres vivos são entendidas individualmente de acordo com uma necessidade utilitarista, ou seja, a explicação dada para a diversidade das espécies seria a resposta dos organismos a utilização/funcional (ou não) de determinada estrutura. Dentre os resultados, Bizzo (1991) concluiu que os alunos entendem a evolução como um processo de mudanças que afetam os indivíduos ao longo de suas vidas, e não como um processo que afeta as populações ou espécies ao longo do tempo intergeracional. Uma consequência deste pensamento é a tendência ao pensamento antropocêntrico colocando o homem como referência central do processo evolutivo.

Na tentativa de explicar as origens das dificuldades e das interpretações equivocadas dos conceitos evolutivos, Meyer e El-Hani (2005) destacam a forte contribuição do criacionismo como grande obstáculo para a compreensão dos mecanismos de diversidade das espécies na

natureza. Em outro trabalho, Abrantes e Almeida (2006) apresentam as controvérsias e as questões legais sobre a pertinência ou não do ensino do criacionismo. Segundo os autores a intervenção dos dogmas religiosos na educação é bastante presente nos Estados Unidos. Entretanto, como eles enfatizam, esta prática tem se tornado mais frequente e alcançando inclusive o contexto brasileiro, como é o caso do Estado do Rio de Janeiro, que em 2002 promulgou a Lei Estadual 3.459, que determinava o ensino confessional religioso nas escolas públicas. As contradições se apresentam quando recorremos a Constituição na qual garante a laicidade do Estado brasileiro, e que por lei mantém garantida a liberdade de crença religiosa (ABRANTES; ALMEIDA, 2006)

A compreensão de que o pensamento evolucionista possa ser uma ameaça aos valores cristãos é uma das razões políticas para que estas ideias sejam fortemente rejeitadas. Este conflito entre a ciência e valores religiosos (ou outros valores de cunho cultural) indica também uma distorção no modo de compreender a natureza das ciências, o que interfere em situações de ensino.

Ainda sobre a influência da religião, Goedert (2004) defende que por vezes os professores evitam apresentar a evolução biológica em sala de aula. Segundo os relatos é frequente que nestas aulas a polêmica entre criacionismo e evolucionismo seja pautada pelos estudantes. A autora considera que a falta de compreensão dos mecanismos abrangidos pela teoria evolutiva favorece a criação de debates inadequados:

Isso significa que a Evolução Biológica muitas vezes é concebida de forma equivocada ou impregnada de valores e ideologias que não constituem seu objeto de estudo. Além disso, ela é percebida por algumas pessoas como sendo incompatível com crenças religiosas, especialmente no que diz respeito à natureza e às origens humanas. (GOEDERT, 2004 p.51)

A literatura indica que a falta de domínio conceitual não é particularidade dos estudantes. Goedert (2004), em sua dissertação de mestrado discutiu a relação entre a formação e a prática entre professores de Biologia quanto ao Ensino de Evolução. A autora destaca que assim como os alunos, os professores também manifestam extrema dificuldade de lidar com o tema (GOEDERT, 2004). Os docentes alegam que ao discutir os conceitos evolutivos em sala de aula, frequentemente, seus alunos apresentam conflitos entre os pensamentos científicos e religiosos, não encontrando, tais professores elementos que os auxiliem a superar esta situação pedagógica.

Assim, relatos de professores indicam uma falta de preparo para abordar estes conteúdos, seja por crenças pessoais (religiosas, morais), ou por lacunas na sua formação que não possibilitam compreender as relações científicas, filosóficas, conceituais, éticas, ideológicas e políticas relacionadas a Teoria da Evolução (ALMEIDA; FALCÃO, 2005).

Os conflitos entre conceitos científicos e valores individuais dos alunos e professores são reforçados por questões estruturais extraclasse, mas também estão intimamente relacionadas com o ambiente escolar. Algumas pesquisas (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; CICILLINI, 1997; LOMBARDI, 1997; SELLES; FERREIRA, 2005) apontam questões que igualmente merecem atenção, como a abordagem conteudista do tema nas escolas, currículos muito grandes (enciclopédicos) e fragmentados; e a abordagem pontual, ou seja, como mais um item dentre tantos outros, no último ano do Ensino Médio, que se mostra insuficiente, não permitindo evidenciar a complexidade e importância da teoria da evolução. Outro ponto contraditório é a falta de conexão com outros conhecimentos biológicos, sendo a teoria da evolução apresentada como mais um conteúdo dentro do currículo a ser memorizado.

A necessidade de tempo hábil para preparar as aulas e outras dificuldades relacionadas à organização escolar, como carência de recursos didáticos e a própria rigidez da estrutura curricular, dificulta a abordagem dos conceitos evolutivos em sala de aula. Nesse sentido, quando problematizamos as dificuldades de alunos e professores devemos considerar os diversos fatores que envolvem o Ensino de Evolução. Assim, ao pontuar apenas a transposição didática do conteúdo, possivelmente, estaremos cometendo o equívoco de tratar esta temática como outra qualquer dentro do currículo de Biologia (OLEQUES, 2014).

A pesquisa em ensino de ciências é um campo em ascensão nas últimas décadas (SLONGO, 2004). Como já mencionamos na seção anterior a pesquisa na educação científica no Brasil teve um crescimento bastante evidente nos últimos 50 anos, alguns autores relacionam o crescimento com o aumento na quantidade de publicações acadêmicas nesse período (AMORIM; LEYSER, 2009; GOEDERT, 2004; TEIXEIRA, 2008). No entanto, autores como Amorim e Leyser (2009) e Teixeira (2008) fizeram uma análise sobre as publicações em encontros acadêmicos de ensino de ciências e a produção de teses e dissertações sobre ensino de ciências dos 30 anos anteriores. Os resultados indicam que esta tendência de crescimento não ocorre quando observamos os trabalhos relativos ao ensino de evolução (AMORIM; LEYSER, 2009). Goedert (2003) enfatiza ainda que as pesquisas voltadas para o ensino de evolução em sua

maioria se restringem a detecção de problemas. A autoras identificam certa carência na proposição de alternativas a esses problemas do ensino de evolução.

2.2 LIVROS DIDÁTICOS E SEUS USOS

A dificuldade dos professores em mediar debates considerados polêmicos envolve questões com raízes na formação desses profissionais. Dessa forma, o livro didático se destaca no cenário escolar, substituindo o professor na função de selecionar e organizar os conteúdos, atuando como guias curriculares (TIDON; VIEIRA, 2009).

Para as autoras Selles e Ferreira (2005), no contexto brasileiro as transformações internas dos currículos escolares ficam explícitas quando se analisa os livros didáticos. Segundo as autoras esses materiais atuam como legitimadores dos conteúdos a serem ensinados em determinada época, definindo tanto o conteúdo, como a maneira como serão abordados (SELLES; FERREIRA, 2005).

Assim, é importante compreender a utilização do livro didático dentro do processo de ensino-aprendizagem. Considerando as dificuldades enfrentadas pelos professores levantadas anteriormente, faz-se necessário compreender a influência desses materiais na organização do currículo.

Ferreira e Selles (2004) apresentam três dimensões possíveis para compreender os livros didáticos no contexto escolar. A primeira refere-se à seleção e organização dos conhecimentos. Neste sentido as autoras afirmam que os materiais didáticos demonstram as disputas que envolvem as intensões e interesses das respectivas áreas de referência. A segunda dimensão refere-se à apropriação que os professores fazem do livro didático, ou seja, a maneira como os materiais influenciam as escolhas dos professores. Dessa forma, ao que tudo indica a utilização do livro didático não se limita a apresentar um referencial de conhecimentos a serem ensinados, mas são usados como propostas didáticas que conduzem toda a prática docente. A terceira dimensão possui uma relação direta com a formação dos professores, nesse caso a aceitação da substituição dos materiais como substituição de uma preparação profissional mais sólida.

Esses fatores destacam a necessidade de mudança na dinâmica dos livros didáticos nos espaços escolares, favorecendo uma maior autonomia da atuação docente. Segundo as mesmas autoras, a forte importância dada ao livro didático de ciências no cenário brasileiro tem

justificado diversas pesquisas no campo do ensino de ciências. Os livros didáticos são os materiais educativos mais investigados em artigos, teses e dissertações. Porém, Ferreira e Selles (2004) verificaram que em sua maioria esses trabalhos estão centrados nos erros conceituais presentes nos conteúdos. As autoras reconhecem a importância desses estudos. No entanto, ressaltam que ao limitar os estudos apenas à identificação de erros conceituais deixam de ser consideradas outros aspectos didáticos dos livros.

Os erros conceituais estão mais relacionados à área de referência, ou à maneira que o conhecimento acadêmico é contextualizado para o saber escolar. As análises restritas aos erros não problematizam, por exemplo, o porquê a escolha de determinados conteúdos em detrimento a outros. Ao deixar de abordar estas questões, implicitamente, se entende que o conteúdo selecionado nestes currículos está dado pelos saberes dominantes. Esta concepção se aproxima das teorias tradicionais de currículo, que, em síntese compreende os currículos são "neutros" e inquestionáveis (Silva, 2010). Nesta perspectiva tradicional "o que" ensinar está definido, portanto, as pesquisas se concentram em aspectos mais técnicos. Portanto, a preocupação se limita em responder o "como" ensinar. Esses trabalhos também possuem importância na pesquisa em ensino, proporcionando dados enriquecedores para compreender o currículo nas diferentes faces. No entanto, também são necessários debates mais teóricos com relação a seleção e organização curricular, o que nos permitiria compreender como ocorre a relação entre os conteúdos selecionados e os aspectos históricos e sociais muitas vezes invisibilizados (FERREIRA; SELLES, 2004).

Portanto, compreendemos que os currículos estão implicados em relações de poder, o que nos aproxima das teorias críticas de currículo. Assim, ao analisar as características de um currículo nos atentamos aos interesses políticos, econômicos e históricos a que eles correspondem, sendo fatores tão relevantes quanto o próprio conteúdo. O presente trabalho se fundamenta nesta perspectiva para propor uma alternativa ao nosso problema.

Selles e Ferreira (2005), baseadas em teorias críticas do currículo, também acreditam que as análises devam contemplar as singularidades do conhecimento escolar, dentre elas as finalidades sociais distintas dos conhecimentos acadêmicos. Ou seja, os livros didáticos devem ser compreendidos como mediadores dos conhecimentos científicos e não como reprodutores literais desses conhecimentos.

A preocupação quanto à forma como os conteúdos são apresentados, ou deixam de estar presentes, nos livros didáticos possui implicações diretas nas práticas educativas. Vasconcelos e Souto (2003) e Nuñez et al. (2003) afirmam que um problema em relação ao livro didático é a utilização exclusiva que muitos professores fazem para preparar suas aulas. Os livros didáticos então, perdem seu caráter de ampliar os caminhos do ensino-aprendizagem para ser o principal controlador do currículo. Os livros historicamente passaram a ocupar o espaço determinante na escolha dos conteúdos, na sequência a ser seguida, na abordagem dos conteúdos e até mesmo na avaliação da aprendizagem (NUÑEZ et al., 2003).

Os autores explicam que o protagonismo do livro didático no contexto escolar pode ser pensado a partir das reformas nas políticas educacionais dos últimos 50 anos. A ampliação ao acesso à educação básica neste mesmo período não foi acompanhado pelo investimento adequado, principalmente com relação à remuneração, formação dos educadores e as condições físicas da escola.

A falta de reconhecimento e valorização do professor juntamente com as precárias condições de trabalho, tem tornado a carreira docente cada vez menos atrativa. A situação fica mais grave e evidente quando nos referimos à escola pública de nível básico. Em estudo desenvolvido em 2010, Scheibe (2010) apresenta uma análise sobre a carreira docente a partir dos dados do Censo Escolar da Educação Básica de 2007². A autora revela que muitos professores em atividade foram admitidos sem titulação adequada ou insuficiente. A desvalorização social e econômica tornou a carreira docente pouco atrativa, acarretando na diminuição na procura de vagas em cursos voltados para a formação de professores. Apesar de esses números apresentarem melhora no último Censo Escolar (BRASIL, 2009), ainda estão distantes da valorização esperada para esses profissionais. Possivelmente as medidas paliativas como as chamadas licenciaturas curtas e complementação curricular dos cursos de bacharelado tenham influenciado estas estatísticas. Entretanto, outros aspectos também devem ser considerados para uma melhoria efetiva, como os problemas relacionados ao processo de ensino e aprendizagem (SCHEIBE, 2010).

² Publicado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (Brasil/MEC/INEP, 2007)

Mianutti (2010), em sua tese de doutorado, realizou uma pesquisa sobre a formação continuada de professores de biologia centrado na temática da evolução biológica. Ao verificar o protagonismo dos livros didáticos o autor faz algumas considerações quanto ao emprego dos livros, e também sobre a formação dos docentes. O problema não é a existência dos livros didáticos, mas sim, a sua utilização como fonte única na preparação e execução das aulas. Tendência esta, cada vez mais implementada nas escolas, a exemplo dos manuais apostilados que vem sendo difundido pelas secretarias estaduais e municipais de educação. Como consequência desse modelo, temos a consolidação de uma educação mecanicista, baseada na reprodução e memorização dos conteúdos. Na qual os professores são mediadores, e se veem cada vez mais presos aos materiais didáticos, com estratégias, conteúdos e exercícios estabelecidos arbitrariamente. Outra crítica a este modelo é à sua maneira de avaliação, na qual se considera que o aprendizado dos alunos se resume a capacidade de memorização de conteúdo. Mianutti (2010) questiona a qualidade na formação dos professores, uma vez que nesta perspectiva há a separação de quem pensa e quem executa (MIANUTTI, 2010).

Como já discutido anteriormente, a introdução das Teorias Evolutivas nos livros didáticos brasileiros ocorreu na década de 1960. Intermediada pela implementação dos currículos do programa estadunidense *Biological Science Curriculum Studies (BSCS)*. A reformulação dos programas científicos tinha o propósito de estimular a formação de cientistas a fim de superar as disputas políticas e econômicas estabelecidas. Este mesmo movimento defendia que o ensino de biologia deveria considerar as teorias evolutivas como unificador dos conhecimentos do campo (KRASILCHIK, 2000).

Entretanto, para Selles e Ferreira (2005) a suposta unificação dos conceitos biológicos a partir das Teorias Evolutivas não ocorreu de fato. Ou seja, para elas a evolução como eixo do conhecimento biológico nos *BSCS* bem como nos materiais didáticos elaborados a partir deles são "ilusórios". As autoras explicam que a razão para que esse discurso não se concretize também é reflexo das disputas presentes na construção curricular.

De maneira geral, assim como os demais conceitos o conteúdo de evolução nos livros didáticos é apresentado de maneira fragmentada, como uma verdade definitiva e atemporal. As discussões históricas presentes na construção dos conceitos evolutivos não são abordadas, e a contextualização histórica, quando feita, é superficial (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; CICILLINI, 1997; DA SILVA, 2011; SELLES; FERREIRA, 2005). Dentro das pesquisas em ensino de

evolução, encontramos uma corrente bastante difundida de autores que defendem a importância do uso da história e filosofia da ciência no ensino de ciências. Segundo eles, esta abordagem pode ser uma forte aliada para superar os problemas conceituais (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; BIZZO, 1991; MATTHEWS, 1995; MEYER; EL-HANI, 2005; SANTOS, 2002).

A maneira como os livros didáticos contextualizam a evolução biológica e a abordagem histórica desses conceitos, pouco tem contribuído para que os atores do processo de ensino e aprendizagem estabeleçam conexões entre os conteúdos apresentados. Estes fatos podem contribuir para que os estudantes apresentem uma compreensão equivocada tanto dos conceitos evolutivos como da maneira como esses conhecimentos se construíram. Nesse sentido, a história da ciência pode ser uma ferramenta fundamental para contextualizar a evolução biológica como eixo integrador no ensino de ciências. Segundo Matthews, a história e filosofia no ensino de ciências:

Podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, desse modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação de professores auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995)

Bizzo (1991) é outro autor que defende a utilização da história da ciência no ensino, e afirma que a maior contribuição do ensino da história da ciência consiste na possibilidade de antecipar “obstáculos epistemológicos” que atrapalham o processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, a utilização de estratégias que contemplem debates históricos amplia as possibilidades de compreensão dos conceitos por parte dos alunos, estreitando os caminhos que possam eventualmente levar a interpretações equivocadas.

Na literatura também podemos encontrar algumas críticas à contextualização histórica no ensino. Bizzo (1991) cita os argumentos de Tomas Kuhn, que desencoraja os estudantes a lerem os clássicos históricos acreditando que eles possam confundir os alunos com problemas e conceitos que já foram superados. Bizzo (1991) se opõe as críticas de Kuhn, porém, faz uma

ressalva quanto ao uso de textos históricos. O autor considera que se deve atentar a fragilidade e aos possíveis problemas de abordar a reconstrução histórica de maneira simplista. Bizzo faz referência a Matthews e diz que *a ciência constitui uma problemática complexa, há muito poucas razões pelas quais a história da ciência na sala de aula não possa ser igualmente complexa* (apud Bizzo, 1991 p. 152).

Dessa forma, concordamos com a argumentação de Bizzo e Matthews, não acreditamos que a história da ciência atuaria de maneira a confundir o aprendizado dos alunos como ressaltam esses trabalhos. A sua função seria de contextualizar o cenário de onde o paradigma hoje considerado válido se originou, compreendendo dessa maneira as questões envolvidas para que determinada explicação possa ser aceita atualmente em relação à outra. Postula-se que assim, o aluno desenvolveria habilidades que favoreceriam a estruturação de outras formas de raciocínio e uma melhor compreensão da natureza das ciências. Jensen e Finley (1995) reforçam esses aspectos com a aplicação de atividades elaboradas sob essa perspectiva, apresentando resultados positivos.

Segundo Jensen e Finley (1995), o ensino dos princípios evolutivos é um tema difícil tanto para alunos e professores. Os conteúdos são abrangentes e abarcam uma grande diversidade de temas, desde os trabalhos de Darwin passando por vários tópicos até os conceitos de genética de populações. Eles relatam que logo após a apresentação de uma típica unidade de Evolução muitos alunos melhoram seu repertório explicativo quanto os fatos evolutivos, no entanto, a compreensão sobre os princípios e aplicações é muito limitada. Considerando a importância dos conceitos evolutivos para a compreensão de outros conceitos da biologia, os autores elaboraram currículos e estratégias de ensino diferentes daquelas frequentemente utilizadas no ensino tradicional. As propostas de Jensen e Finley (1995) foram inspiradas nos trabalhos de outros autores como Bishop e Anderson (1990), que desenvolveram suas experiências com o intuito de promover a mudança conceitual.

Os argumentos descritos problematizam a dependência do livro didático no cenário escolar e a ausência de diversidade deste tipo de material, tornando as aulas de ciências cada vez mais padronizadas e limitadas aos conhecimentos presentes nesses manuais. A necessidade de maior autonomia para os professores está atrelada a existência de recursos alternativos que possam contribuir para a elaboração de práticas diferenciadas, voltadas para o processo de ensino

e aprendizagem. Sendo adequadas às finalidades exigidas pelo cotidiano dentro e fora do contexto escolar.

Desta maneira, na presente dissertação propomos uma possível contribuição (ainda que teórica) para superar o problema apresentado: uma abordagem dos conceitos evolutivos sob uma perspectiva histórica, para que o professor tenha outras opções para preparar suas aulas independente da metodologia escolhida. Os conceitos selecionados, bem como os autores podem servir também como apoio de estudo para os professores. Nesta proposta evidenciamos os diferentes pensamentos evolutivos propostos por alguns dos naturalistas do século XIX (Lamarck, Haeckel e Darwin) e procuramos buscar aspectos do pensamento desses autores que se identificassem com o pensamento apresentado por alunos em período escolar do Ensino Médio.

O objetivo geral da proposta foi usar eventos históricos relacionados ao desenvolvimento da teoria darwiniana de evolução por seleção natural, pois de acordo com Jensen e Finley (1995; 1997) e com os postulados da mudança conceitual. Uma vez que esses eventos são semelhantes às concepções frequentemente identificadas nos alunos com relação a teoria da evolução. A consolidação desses conceitos seria uma maneira de organizar as ideias dos estudantes, para que assim, eles percebam seus limites explicativos. Dessa forma, se sentiriam estimulados a procurarem outro modelo para solucionar os problemas propostos, substituindo concepções por concepções mais próximas das aceitas na comunidade científica atual (BIZZO, 1991; SANTOS, 2002).

2.3 EXPERIÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DE HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO

Para o desenvolvimento desta proposta tomamos como referência os trabalhos de Jensen e Finley (1995; 1997). Estes autores elaboraram e avaliaram os efeitos de duas intervenções de ensino de evolução. Para o desenvolvimento das atividades os autores tiveram como base teórica o modelo de mudança conceitual.

As sequências didáticas elaboradas por Jensen e Finley (1997) foram aplicadas em uma grande instituição dos Estados Unidos. O público era composto por estudantes dos anos iniciais do *College*, correspondente ao ensino superior no sistema brasileiro de ensino. As intervenções se deram em um curso introdutório de biologia, divididas entre aulas, leituras e aulas de laboratório.

Os autores elaboraram questionários e entrevistas para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Os resultados das entrevistas e questionários foram semelhantes ao de outros trabalhos análogos, realizados mais tarde no Brasil (BIZZO, 1991; SANTOS, 2002): a concepção científica dos estudantes a respeito da Teoria da Evolução é composta por uma “mistura conceitual”.

No caso investigado por Jensen e Finley (1995) os conhecimentos prévios dos estudantes foram avaliados por meio de várias entrevistas e questionários estruturados para que os estudantes solucionassem os dois seguintes problemas:

As chitas correm mais de 60 milhas por hora quando perseguem uma presa. Como um biólogo explicaria o desenvolvimento (evolução) desta habilidade, assumindo que seus ancestrais atingiam somente 20 milhas por hora?

Salamandras de cavernas são cegas (possuem olhos não funcionais). Como um biólogo explica a evolução (das salamandras cegas) a partir de ancestrais que enxergavam? (p. 208)

Alguns componentes comuns detectados pelos dois trabalhos de Jensen e Finley (1997) eram concepções teleológicas (ex. *ele teve que aumentar sua velocidade ou seriam extintos; ou eles tiveram que utilizar mais seus músculos para capturar sua comida*), e pensamentos considerados lamarckistas (ex. *ao longo dos anos as gerações seguintes foram melhorando seu desempenho físico até que ele fosse perfeito; o uso continuo dos músculos fizeram com que eles ficassem cada vez mais rápidos*). Poucos estudantes propuseram a intervenção divina para justificar as mudanças evolutivas (ex. *Deus deu-lhes mais rapidez, para que pudessem capturar seus alimentos*), bem como ideias não usuais (ex. *os pais ensinavam seus filhos a correr mais rápido*).

No trabalho de Jensen e Finley algumas ideias darwinistas foram detectadas, mas muitas vezes estavam associadas a outras não darwinistas (ex. *ocorreu uma mutação e se tornou dominante porque era necessária para sua sobrevivência*). Estas foram algumas das muitas respostas obtidas, que representam as visões sobre a evolução biológica que os alunos manifestaram nas respostas.

O desenvolvimento de atividades didáticas ao longo do curso foi o instrumento pelo qual os autores esperavam que os alunos substituíssem suas concepções iniciais (no geral explicações pré-darwinianas) por concepções evolutivas cientificamente válidas. Os autores identificaram

uma relação entre as respostas dos estudantes e a história da teoria da evolução. Mais especificamente com as ideias evolutivas anteriores à teoria darwiniana, como por exemplo, as concepções que defendiam Cuvier e Lamarck. Tal relação é o ponto de partida para elaboração de intervenções/atividades que contribuam para que essas mudanças conceituais se realizem no repertório explicativo dos alunos.

Jensen e Finley (1995) argumentam ser mais fácil que mudanças conceituais ocorram quando os próprios alunos conseguem formular um conjunto coerente de ideias, do que quando possuem apenas fragmentos de conceitos variados. De modo geral, a fragmentação dos conceitos é comum quando se verificam os conhecimentos apresentados pelos alunos (BIZZO, 1991; JENSEN; FINLEY, 1995). Outras autoras afirmam que a lógica fragmentada dos conteúdos é uma característica do ensino formal tradicional (SELLES; FERREIRA, 2005). Ao apresentar as concepções pré-darwinianas, Jensen e Finley (1995; 1997) fundamentados nas concepções da mudança conceitual esperavam que os alunos consolidassem suas pré concepções em modelos mais robustos e coerentes. Ao compreender melhor os conceitos os estudantes devem observar também que as teorias científicas são modificadas ao longo do tempo, ou seja, elas possuem limites explicativos deixando de ser verdades inquestionáveis. Este aspecto pode ser muito importante para facilitar as mudanças conceituais. No caso de Jensen e Finley (1995) foram elaboradas situações que desafiaram as ideias construídas pelos estudantes, produzindo um conflito entre suas crenças prévias e o conhecimento científico consensualmente aceito.

As análises dos resultados permitiram classificar as respostas das entrevistas e questionários em três visões pré-darwinianas: Lamarckista, teleológica e teologia natural.

A outra intervenção desenvolvida por Jensen e Finley (1997) teve características bastante semelhantes da anterior. A principal diferença foram os conteúdos abordados. Neste caso os autores da pesquisa utilizaram quatro conceitos evolutivos presentes ao longo da história:

1. Teleologia (Cuvier) ou os princípios das causas finais. Esta visão compreende que as modificações nas espécies ocorrem para que os indivíduos possam se ajustar às condições do meio ambiente;
2. Teoria da herança de características adquiridas (Lamarck), que pressupõe que os indivíduos possuem a capacidade de passar as gerações seguintes as características adquiridas ao longo da vida;

3. Teologia Natural (Paley) que entendia as diferentes características e seres vivos como uma demonstração da existência da intervenção divina, ou seja, as diferentes espécies surgiram por um criador que as ajustou perfeitamente para viverem em determinados ambientes;
4. Evolução por seleção natural (Darwin) em que as modificações dos grupos de indivíduos ocorrem aleatoriamente pela seleção natural, a partir da variedade de formas existentes previamente, os indivíduos que apresentam características vantajosas de acordo com os fatores ambientais tendem a deixar prole mais numerosa às gerações seguintes

Neste caso, as atividades curriculares também foram desenvolvidas para reforçar e consolidar as concepções pré-darwinianas dos estudantes, tais como herança de características adquiridas e explicações finalistas ou teleológicas.

Em síntese, os materiais didáticos incluíam quatro modelos de evolução diferentes que os autores encontraram com frequência nas concepções iniciais dos alunos. Portanto, a evolução biológica foi abordada a partir da perspectiva de quatro autores diferentes: 1) a teleologia de Cuvier, 2) a herança de características adquiridas de Lamarck, 3) a teologia de Paley e 4) a evolução biológica por seleção natural de Darwin.

O currículo historicamente rico foi apresentado no formato de combinação de três atividades: 1) no primeiro momento os alunos foram convidados a resolver as questões-problemas, sobre a chita e a salamandra, apresentadas inicialmente. Em seguida pediu-se que eles fizessem críticas às suas próprias respostas destacando as frases que continham as expressões “necessidade”, “a fim de” ou “com propósito de”, pois elas indicam o uso de explicações teleológicas. A tarefa seguinte desafiou os estudantes a rever suas respostas sem utilizar as palavras destacadas. O objetivo desta atividade era produzir um desconforto nos estudantes com relação à suas concepções de evolução biológica. 2) A segunda atividade consistia na leitura de pequenos textos históricos para introduzir as teorias evolutivas dos autores envolvidos (Cuvier, Lamarck, Paley e Darwin). Também foram apresentadas histórias biográficas e fotos na expectativa de enriquecer o conhecimento científico a partir uma perspectiva mais humana. 3) O terceiro passo desta estratégia exigia que os estudantes utilizassem as explicações desses autores para resolver os mesmos problemas iniciais (chita e salamandra). E por fim, os estudantes foram organizados em duplas para analisar suas próprias respostas, discutindo as diferenças e

semelhanças entre elas. Ao final desta etapa eles deveriam apresentar uma resposta comum. Também foram fornecidos outros problemas semelhantes àqueles apresentados inicialmente, ampliando os debates entre as duplas. Ao final da unidade esperava-se que os estudantes pudessem compreender e diferenciar os quatro pontos de vista dos autores apresentados, e que resolvessem o mesmo problema a partir dos diferentes modelos evolutivos.

Os resultados apontaram uma apropriação e o uso das ideias darwinistas, diminuindo a utilização de ideias não darwinistas. Apesar de ainda apresentarem uma mistura conceitual essas respostas se aproximavam mais das concepções propostas pelo modelo da seleção natural de Darwin. Jensen e Finley (1997) concluem que experiências como esta podem ser uma alternativa para o ensino de evolução, proporcionando aos estudantes uma melhor compreensão da evolução biológica. Esta dissertação, como se verá a seguir, reside em adotar teoricamente essa metodologia, focando especificamente nos modelos de herança e de evolução de três personagens dos mais importantes da história da teoria da evolução: Lamarck, Haeckel e Darwin.

Portanto, este trabalho se apresenta como uma contribuição teórica para superar a falta de recursos que pautam outras abordagens do ensino de evolução. Neste sentido, entendemos que o ensino dos conceitos evolutivos como já citamos anteriormente se deve fundamentalmente ao seu papel organizador e centralizador dos conceitos biológicos, e este não deve se desvincular dos contextos históricos que os fundamentaram (FUTUYMA, 2002; MEYER; EL-HANI, 2005; OLEQUES, 2014). Sobretudo porque como veremos os próprios alunos manifestam conceitos prévios semelhantes aos de personagens da história da evolução, como Lamarck e Haeckel.

O material a seguir é destinado aos professores que desejem abordar o conteúdo de evolução a partir de uma perspectiva histórica e com textos literais. Este material não tem pretensão de se apresentar como um manual, cabendo ao educador a escolha da melhor maneira de inseri-lo em suas práticas, podendo também ser útil como referência de estudo do próprio professor.

2.4 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E A MUDANÇA CONCEITUAL

As intervenções propostas por Jensen e Finley (1997; 1995) foram fundamentadas na teoria da mudança conceitual. Considerando os objetivos similares, o desenvolvimento deste trabalho será baseado nos mesmos princípios teóricos. O modelo de mudança conceitual foi

desenvolvido para esclarecer os processos de ensino/aprendizagem dos conhecimentos científicos, fornecendo importantes saberes para a elaboração de propostas preocupadas com assimilação dos conteúdos pelos estudantes. Nardi e Gatti (2008), ao realizarem uma revisão na literatura sobre trabalhos no ensino de ciências, afirmam que o modelo de mudança conceitual surge na década de 1970 fundamentado na perspectiva construtivista.

A teoria da mudança conceitual propõe que o aprendizado dos conhecimentos científicos ocorre de forma semelhante à construção histórica destes conhecimentos. Em outras palavras, a aprendizagem em ciências pode ser interpretada como um processo análogo à atividade científica. Ao se depararem com um fenômeno desconhecido provavelmente os alunos utilizarão conceitos próprios na tentativa de explicá-lo. Entretanto, muitas vezes essas concepções são insuficientes para compreender o novo fenômeno, havendo a necessidade de substituir ou reorganizar esses conceitos. O propósito do modelo de mudança conceitual é, portanto, elucidar as etapas envolvidas no processo de mudança conceitual (EL-HANI; BIZZO, 2002).

Segundo Mortimer (1996), o modelo de mudança conceitual se insere dentro da visão construtivista de ensino e aprendizagem. Na literatura podem ser encontradas diversas abordagens e visões de mudança conceitual que são denominadas da mesma maneira. No entanto, dois pontos são convergentes entre as diferentes estratégias (EL-HANI; BIZZO, 2002): o reconhecimento das condições em que deverão ocorrer as mudanças conceituais, e a análise do *perfil conceitual* (MORTIMER, 1996) dos estudantes. Ao contestar as concepções iniciais os alunos podem perceber problemas ou lacunas nas suas explicações. Dessa maneira, pretende-se que ao fim do processo eles sejam capazes de devem incluir novas explicações para o seu repertório conceitual. No entanto, não implica que eles abandonem as ideias iniciais, podendo coexistir com o pensamento anterior, e ser utilizado de acordo com o contexto, ou substituí-lo pelos conhecimentos novos (EL-HANI; BIZZO, 2002; MORTIMER, 1996). Sendo assim, sem compreender os conceitos e as estruturas das preconcepções ou concepções alternativas dos alunos não ocorre mudança conceitual. As atividades de ensino devem considerar essas ideias como ponto de partida para possibilitar a aprendizagem dos novos conceitos.

Para El-Hani e Bizzo (2002), o modelo propõe condições básicas para que a mudança conceitual ocorra. A primeira consiste no reconhecimento dos estudantes quanto à insuficiência dos seus conhecimentos para explicar determinado fenômeno. Para tanto, suas ideias devem ser desafiadas com o intuito de perceberem as lacunas das suas explicações para um determinado

evento. Este conflito na mudança conceitual é denominado *desequilíbrio cognitivo*. A segunda condição demanda que os novos conhecimentos possuam alguma coerência com as concepções dos alunos, possibilitando-lhes estruturar sua bagagem conceitual numa nova conformação. Caso os novos conhecimentos não estabeleçam relações com as ideias dos estudantes, eles provavelmente serão abandonados. A terceira condição básica consiste que os estudantes sejam capazes de perceber que as novas informações são plausíveis, ou que pelo menos possam ser capazes de resolver os problemas das explicações anteriores. A quarta e última condição é que no final do processo os alunos incorporem esses conhecimentos e passem a utilizá-los para explicar novas situações problemáticas. Por exemplo, no fim do processo os estudantes devem ser capazes de aplicar esses conceitos em outras situações, reconhecendo os aspectos insuficientes dos conhecimentos anteriores. Ao fim dessas etapas espera-se que os alunos aprendam que os novos conhecimentos são mais úteis e assim sejam mantidos.

Neste contexto, para desenvolver as atividades em consonância com a mudança conceitual, devemos ter como ponto de partida a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre a temática. As concepções dos alunos sobre conceitos evolutivos são problemas recorrentes nas pesquisas preocupadas com o ensino de ciências. No entanto, nessa mesma literatura dificilmente encontramos alternativas para superar esse problema (GOEDERT; DELIZOICOV; ROSA, 2003).

Jensen e Finley (1995) citam diversas pesquisas publicadas que se preocuparam em identificar as concepções dos alunos sobre as teorias evolutivas (BISHOP; ANDERSON, 1990). Nós encontramos, no Brasil, outros trabalhos que tiveram objetivos parecidos, como os trabalhos de Bizzo (1991) e Santos (2002). Jensen e Finley (1995) não se limitaram a detectar as concepções dos estudantes, mas após reunirem esses dados os pesquisadores desenvolveram uma série de atividades para o ensino de evolução. As intervenções utilizaram a contextualização histórica, e partiram do pressuposto do modelo de mudança conceitual. As intervenções elaboradas por Jensen e Finley (1997) incluíram autores que apresentaram diferentes concepções evolutivas ao longo do período histórico em paralelo com estratégias de resolução de problemas. Antes e depois das atividades foram apresentados dois problemas relacionados à teoria da evolução para que os alunos os resolvessem, apresentando assim suas concepções evolutivas. As sequências didáticas desenvolvidas por Jensen e Finley (1995; 1997) a fim de proporcionar a mudança conceitual serão descritas detalhadamente mais adiante.

3. METODOLOGIA

Como exposto anteriormente, a elaboração da presente proposta pedagógica tem como referencial os trabalhos de Jensen e Finley (1995; 1997). Os autores desenvolveram e avaliaram atividades de ensino utilizando ideias importantes na história do pensamento evolutivo. As estratégias incluíram também condições necessárias para que a aprendizagem ocorresse a partir do modelo de mudança conceitual. Portanto, a presente dissertação almejou a elaboração de uma proposta semelhante.

A escolha dos conceitos evolutivos a serem abordados nesta proposta foi respaldada em trabalhos anteriores da literatura dedicados a identificar as pré concepções evolutivas de estudantes e professores em diferentes contextos (BIZZO, 1991; SANTOS, 2002; JENSEN; FINLEY 1995; 1997). Nas pesquisas selecionadas os autores recorreram a diferentes meios (como entrevistas e questionários) para encontrar os conceitos evolutivos que os estudantes apresentavam mais dificuldades, assim como as concepções alternativas contidas em seus repertórios explicativos. Alguns se diferenciam na maneira como os autores classificam as pré concepções dos estudantes, para Jensen e Finley (1997) por exemplo, a concepção evolutiva dos estudantes muitas vezes é composta por uma “mistura conceitual”. No entanto, podemos encontrar muitas convergências nos trabalhos quando afirmam que os grupos analisados apresentam concepções teleológicas, lamareckistas e neolamarckistas.

Para o desenvolvimento deste trabalho consideramos não só a importância dos conceitos para a compreensão da teoria evolutiva em si, mas também as possibilidades que o uso da história da ciência proporciona. A de que os estudantes tenham uma visão mais ampla sobre os processos da construção do conhecimento científico. No nosso caso, partimos da semelhança entre os principais conceitos prévios dos estudantes listados pela bibliografia e dos autores históricos. Dessa maneira os conceitos escolhidos para o desenvolvimento desta proposta foram: herança de características adquiridas, uso e desuso e seleção natural.

Embora a decisão de como estas atividades poderão ser abordadas seja critério do professor, vale ressaltar que nossa proposta foi pensada a partir do modelo de mudança conceitual, sendo esta uma abordagem recomendável para que haja coerência da sequência didática. Outra possibilidade de abordagem é que os professores iniciem a temática pelas mesmas questões postas por Jensen e Finley (1995).

Enfatizando que os autores selecionados (Lamarck e Haeckel) foram encolhidos pois as concepções prévias dos estudantes se aproximam em alguns pontos das deles. Já os exemplos de Darwin foram escolhidos como o objetivo de provocar o desequilíbrio explicativo nos estudantes, uma vez que estas ideias se contrapõe as dos demais autores. Além disso, a seleção natural conceito central na proposta darwiniana e um dos conceitos evolutivos que os estudantes mais apresentam dificuldade (SANTOS, 2002).

Portanto, para abordar os conceitos evolutivos desta proposta foram selecionados textos das seguintes obras:

- Filosofia Zoológica, de Jean Batiste Lamarck, edição espanhola de 1989;
- Zoological Philosophy, de Jean Batiste Lamarck, edição estado unidense de 1984;
- História da Creação dos seres organizados segundo as leis naturaes, de Ernst Haeckel edição portuguesa de 1911;
- A origem das espécies, de Charles Darwin, edição brasileira de 1985.

Quanto a essas obras, vale ressaltar que o livro de Lamarck (*Fisiologia Zoologica*) nunca foi publicado em português. Em virtude disso, os trechos citados foram selecionados da versão espanhola e as sínteses dos capítulos foram retiradas da versão inglesa, uma vez que estas sínteses não estavam presentes no livro em espanhol. As traduções para o português foram feitas pela própria autora deste trabalho. As traduções do espanhol foram revisadas por pessoa proficiente no idioma. Já as traduções do inglês necessitam ainda de uma revisão para garantir mais fidedignidade, principalmente por se tratar de um material didático. Os fragmentos do livro de Haeckel (*História da Creação dos seres organizados*) também foram adaptadas as normas ortográficas atuais, considerando que esta é uma edição portuguesa de 1911.

4. PROPOSTA

4.1 LAMARCK, USO E DESUSO E HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS ADQUIRIDAS

Como proposto por Jensen e Finley (1995; 1997), a aprendizagem dos conceitos básicos da teoria da evolução, pode ser facilitada quando os alunos reconhecem correspondências entre as suas próprias concepções (prévias e no mais das vezes equivocadas) e as concepções de autores reconhecidos pela história da ciência. Outros autores defendem que a abordagem histórica tem o potencial de humanizar as ciências, permitindo a compreensão integral do conhecimento científico, ou seja, uma possibilidade de superar o “mar de falta de significação” das aulas de ciências (MATTHEWS, 1995).

Nessa seção apresentaremos como Lamarck articula os conceitos de uso e desuso e herança de características adquiridas para propor o que é considerado a primeira formulação de uma teoria da evolução. Ressaltamos que temos razões para aceitar que uma boa parte das concepções prévias de alunos de ensino médio se identifica com o sistema que Lamarck desenvolveu (EL-HANI; BIZZO, 2002; MEYER; EL-HANI, 2005; SANTOS, 2002). Não é nossa intenção aqui, apresentar mesmo uma breve biografia de Lamarck, nem mesmo descrever a obra *Filosofia zoológica* (LAMARCK, 1986), em que aparece pela primeira vez suas ideias evolutivas. Isso já foi feito com detalhes por outros autores (MARTINS, 2006; MAYR, 2005). Nossa proposta aqui é apresentar o que consideramos essencial para compreender a estrutura da teoria da evolução de Lamarck. Portanto, utilizaremos o capítulo VII do referido livro (LAMARCK, 1986), pois foi nesse capítulo que Lamarck apresenta o primeiro esboço de uma teoria da evolução. E por que, como já enfatizamos, muitas vezes os alunos apresentam concepções evolutivas que se assemelham às ideias de Lamarck.

Assim, frequentemente, professores se deparam com concepções evolutivas semelhantes aos de naturalistas que antecederam Darwin e a teoria da Seleção Natural. O filósofo da ciência Gustavo Caponi (2014), argumenta que muitos estudantes chegam a graduação com dificuldades de compreender que o surgimento das adaptações evolutivas ocorre no nível das populações e não no nível dos indivíduos. Para Caponi (2014) muitos alunos graduandos pensam as adaptações evolutivas tendo como referência as adaptações fisiológicas, ou seja, aceitam que mudanças fisiológicas que ocorrem durante a vida de uma pessoa, animal ou planta, serão transmitidas para as gerações seguintes. Veremos que as ideias neolamarckistas, foram contemporâneas com o

modelo de Darwin e concorreram com ele. A mesma forma de pensar as adaptações continua presente nas concepções evolutivas de boa parte dos estudantes (CAPONI, 2014).

De forma geral o sistema de Lamarck interpreta animais e plantas como máquinas hidráulicas vivas cujos movimentos das partes são necessários para atender os desafios apresentados pelas circunstâncias (ambientais). Nesse cenário hábitos e ações são responsáveis pelas modificações nas estruturas dos indivíduos. As transformações dos seres vivos ocorreriam de forma gradual e provida de sentido (no sentido de contornar os obstáculos apresentados pelas circunstâncias), e, no decorrer de um longo período animais e plantas mais complexos se derivariam de formas mais simples, as primeiras delas produzidas por geração espontânea. O resultado desse processo são escalas paralelas, cujos pontos finais, atuais, exibiriam os diferentes níveis de perfeição favorecidos pelo tempo e pelas circunstâncias ambientais

Lamarck (1986), neste mesmo capítulo VII do *Filosofia Zoológica* (1986), esclarece como as modificações surgem, e qual o mecanismo que as mantém nas populações, a herança de características adquiridas. A autoria desse conceito é frequente e erroneamente, atribuída a Lamarck. Todavia os historiadores mostram que esta ideia pertence ao repertório das ciências naturais muito antes desse naturalista. Mayr (1998) considera o conceito de herança de características adquiridas como uma ideia pertencente ao imaginário dos naturalistas desde muito tempo, desde pelo menos Aristóteles, dizendo se tratar de um conceito-padrão sustentado pelos biólogos do século XVIII, dentre eles Buffon e Lineu (MAYR, 1998). Mayr destaca a contradição desses naturalistas em aceitar a herança de características adquiridas como mecanismo de mudança ao mesmo tempo em que se aceitava também o essencialismo imutável das espécies de seres vivos.

Assim, é no capítulo VII que Lamarck (1986) mostra ao leitor seu sistema evolutivo. Entendemos, no entanto, que será pertinente apresentar a estrutura dos capítulos anteriores ao VII, transcrevendo, além de seus títulos, as sumárias caracterizações do próprio autor no livro em questão sobre o conteúdo de cada capítulo. Acreditamos que o professor em sala de aula deva se aprofundar mais no sistema do pensamento de Lamarck, evitando assim um uso meramente ilustrativo da história no ensino de ciências, como criticado por Thomas Kuhn (KUHN, 1975), favorecendo, um maior significado científico, histórico e social.

Logo na introdução do livro, Lamarck se refere à sua própria experiência com o ensino de Zoologia e mostra sua preocupação com a necessidade de uma filosofia zoológica que

“apresentasse um corpo de leis e princípios, relativos ao estudo dos animais, e aplicável inclusive a outras partes das ciências naturais” (LAMARCK, 1986 p.xxii). *Filosofia zoológica* está dividido em três partes: I) Consideração sobre a história natural dos animais, seus caracteres, organização, classificação e espécies; II) Descrição sobre as causas físicas da vida, as condições requeridas para sua existência. A força que impulsiona os movimentos orgânicos, e os diferentes resultados que se conferem nos corpos de acordo com sua ação. III) Análise das causas físicas dos sentimentos, na força que gera ações, e finalmente, na origem dos atos de inteligência observados em vários animais.

Vale esclarecer que no presente trabalho foi utilizada a edição espanhola do *Filosofia Zoológica* (LAMARCK, 1986). Porém, os trechos abaixo foram transcritos e traduzidos da edição em inglês (LAMARCK, 1984). São os títulos dos capítulos de I a VII, seguidos de uma breve descrição do conteúdo de cada capítulo presente no sumário do livro:

Capítulo I - O papel da arte nas produções da Natureza

Como os esquemas de classificação classe, ordem, família, gênero e nomenclatura são somente dispositivos artificiais.

Capítulo II - A importância da consideração das afinidades

Como os conhecimentos das afinidades entre as produções naturais conhecidas, que se encontram na base da ciência natural, é o fator fundamental para a classificação geral dos animais.

Capítulo III – Sobre a especiação entre os corpos vivos e a ideia que devemos atribuir a esta palavra

Não é verdade que as espécies são tão antigas quanto a Natureza, e que tenham todas existido em um mesmo período; mas é verdade que foram formadas umas após as outras, com uma constância apenas relativa, e sendo somente invariável por um tempo.

Capítulo IV - Generalizações sobre os animais

As ações dos animais somente têm lugar por meio de movimentos que são estimulados, e não transmitidos, de fora. A irritabilidade é uma capacidade que todos possuem, e não encontra-se exceto nos animais: ela é a fonte de suas ações. Não é verdade que todos animais possuem sensibilidade, nem a capacidade de realizar atos de vontade.

Capítulo V – Sobre o atual estado de distribuição e classificação dos animais

Os animais podem ser organizados, no que se refere aos grandes grupos, em uma série gradual e crescente de complexidade de organização; o conhecimento das afinidades entre os vários animais é o único guia na determinação desta série, e o uso deste método dispensa julgamentos arbitrários; por último, o número de

linhas de demarcação, pelas quais as classes são estabelecidas crescem em correspondência com o nosso conhecimento dos diferentes sistemas de organização, de modo que agora a série apresenta catorze classes diferentes de grande utilidade para o estudo dos animais.

Capítulo VI – A degradação e simplificação na estrutura orgânica de um extremo ao outro da cadeia da vida animal, desde o mais complexo para o mais simples

É um fato positivo que ao seguir a cadeia animal na sua direção usual do animal mais perfeito para o mais imperfeito, nós observamos uma crescente degradação e simplificação na organização; que conseqüentemente ao atravessar a escala animal na direção contrária, quer dizer, na mesma ordem que a da Natureza, nós vamos encontrar um aumento na complexidade da organização dos animais, uma complexidade que avançaria com uniformidade e regularidade, se as condições do meio ambiente, modo de vida, etc., não ocasionasse muitas anomalias em tal organização.

Capítulo VII – Sobre a influência das circunstâncias sobre as ações e hábitos dos animais, e a influência das ações e hábitos desses corpos vivos como causas da modificação da sua organização e de suas partes

Como o ambiente atua sobre a organização, estrutura e forma geral dos animais; como as mudanças ocorridas no ambiente, modo de vida, etc., posteriormente influenciam os hábitos dos animais; e por fim como a mudança dos hábitos, sendo permanente, implica por um lado no uso mais frequente de certas partes do animal, desenvolvendo e ampliando essas partes de forma proporcional; enquanto que por outro lado, esta mesma mudança pode diminuir e por vezes até suprimir a utilização de certas partes, desfavorecendo seu desenvolvimento, reduzindo-as, e finalmente causando seu desaparecimento. (p. v-vii)

Assim, no capítulo VII, como o resumo deixa transparecer, Lamarck (1984) apresenta como o ambiente atua sobre a organização, e por intermédio das ações e hábitos, modifica a forma geral e a estrutura dos animais. Mas essa atuação, que acaba por gerar transformações nas espécies, ao contrário do que às vezes é apresentado em livros didáticos, se dá ao longo de muito tempo, como fica claro na seguinte passagem:

A influência das circunstâncias atua constantemente sobre os corpos viventes que gozam do privilegio da vida; no entanto há que se compreender que seus efeitos somente são perceptíveis (especialmente nos animais) ao longo de muito tempo. (p. 166)

Assim, é no transcorrer de um longo período de tempo que a partir de seres mais simples se originariam formas mais complexas. Esse é um dos pontos importantes que se precisa deixar claro para os alunos: as circunstâncias ambientais não operam uma mudança como que

automática, de uma geração para a seguinte, na forma dos animais. Logo no início do capítulo VII (LAMARCK, 1986), Lamarck esclarece que o objetivo é tratar de um fato evidente, o da influência que o meio exerce sobre os corpos vivos sujeitos a ele. Porém, tal evidência é compreendida por ele de forma bastante distinta da zoologia de sua época, que acreditava que as mudanças das circunstâncias ambientais não exerceriam alterações na forma ou na essência das espécies. O autor defende que as diversas formas existentes são produções da própria Natureza (que Lamarck grafava sempre com a letra inicial maiúscula, como se fosse um nome próprio). Nesse sentido, outro ponto chave é compreender que as diversas circunstâncias naturais (ambientais) causam modificações do corpo animal, “As circunstâncias influenciam a forma e a organização dos animais” (LAMARCK, 1986, p. 167).

Para explicar esse mecanismo, de como as circunstâncias podem modificar as formas, Lamarck destaca que se consideramos essa expressão literalmente estaríamos cometendo um erro, pois independentemente de quais sejam as circunstâncias, estas não possuem ação direta alguma sobre a forma e organização dos animais. No entanto, grandes mudanças no meio ambiente alteram paulatinamente as necessidades dos animais, que por sua vez produzem modificações nas ações:

grandes mudanças nas circunstâncias produzem nos animais grandes mudanças nas suas necessidades, essas produzem necessariamente modificações nas ações. Logo, se as novas necessidades chegam a ser constantes ou muito duráveis, os animais adquirem portanto, novos hábitos, que são tão duráveis como as necessidades que o fizeram nascer. (p. 168)

Nessa passagem notamos claramente, mais uma vez, a ideia de que as mudanças nas circunstâncias devem ser constantes e duráveis para exercerem influência nas necessidades dos seres, resultando nas modificações da sua forma. Para mostrar como essas necessidades se conservam e operam nos indivíduos, Lamarck associa esse conceito de necessidade com um par de outros conceitos pelos quais o seu nome também é relacionado nos mais diversos manuais escolares, a ideia “uso e desuso”:

novas necessidades, sendo exigidas de certa parte, acabaram por criá-la e mais tarde o seu uso constante fortifica-la e desenvolvê-la consideravelmente. Além disso, veremos também que em certos casos as novas circunstâncias e as novas necessidades, tornando certa parte inútil, seu desuso ocasionará a interrupção

dos desenvolvimentos que outras obtém; debilitando essa parte pouco a pouco até que a falta de uso durante muito tempo a faz desaparecer. (p. 168)

Embora o tema do livro de Lamarck seja voltado para os animais, como o próprio título anuncia, ele estende a explicação do mecanismo de necessidade associada ao uso e desuso também para os vegetais:

Nos vegetais, onde não há hábitos propriamente ditos, grandes mudanças nas circunstâncias não deixam de produzir grandes diferenças no desenvolvimento das suas partes. De modo que estas diferenças desenvolvem algumas das partes, enquanto que algumas respondam, outras tantas desaparecem. Neste caso tudo é operado por mudanças provenientes da nutrição do vegetal, nas suas absorções e transpirações, na quantidade de calor, de luz, de ar e umidade que recebe habitualmente. (p. 168)

Até certo ponto, o livro de Lamarck (LAMARCK, 1986) é de fácil leitura e sua preocupação em se fazer compreender em um assunto que a princípio poderia parecer ofensivo aos seguidores dos dogmas estabelecidos, que defendem que as espécies não mudam ao longo do tempo, faz com que em alguns momentos seu texto pareça didático em demasia. Acreditamos que o professor que pretende usar a história da ciência em suas aulas sobre a teoria da evolução, e de acordo com Jensen e Finley (1995; 1997), pode escolher muitas passagens que se identificam com as ideias prévias que muitos estudantes tem a respeito dos temas tratados por Lamarck.

De uma perspectiva bastante pedagógica, Lamarck resume os três aspectos fundamentais que ele próprio propõe e discute no capítulo VII (LAMARCK, 1986):

- 1º - Que toda mudança considerável que seja mantida nas circunstâncias que se encontra cada raça de animais, exerce sobre ela uma mudança real de necessidades;
- 2º - Que toda mudança nas necessidades dos animais produz neles novas ações para satisfazê-las e conseqüentemente outros hábitos;
- 3º - Quaisquer novas necessidades que precisem de novas ações para satisfazer as demandas, exigem que os animais as experimente; seja o emprego mais frequente de certa parte que antes se usava menos, a desenvolve e fortifica; seja o emprego de novas partes que as necessidades criam inconscientemente pelos esforços de suas disposições interiores. Isto é o que provarei em seguida com fatos indubitáveis. (p.174)

Assim, Lamarck está afirmando que mudanças nas circunstâncias ambientais levam, ao longo do tempo, a mudanças de hábito e de ação, e que estas levam, por sua vez, ao uso mais efetivo de algumas partes e ao desuso de outras. Persistindo essas alterações nas circunstâncias,

persistiriam também as mudanças de hábitos e ações, que por sua vez levariam a mudanças na forma. Nesse contexto, para compreender as verdadeiras causas da diversidade de formas vivas, faz-se necessário considerar que as circunstâncias também são infinitamente diversificadas. As observações feitas por Lamarck o levou a enquadrá-las no que ele qualifica como duas leis da Natureza:

Primeira Lei:

Em qualquer animal que não tenha concluído todas as etapas do seu desenvolvimento, o uso frequente e permanente de um órgão qualquer o fortifica pouco a pouco, produzindo uma potência proporcional à duração desse uso, enquanto que o desuso constante de tal órgão o enfraquece e até o faz desaparecer

Segunda Lei:

Tudo que a natureza fez os indivíduos adquirir ou perder por influência das circunstâncias em que a sua raça se encontrava durante um longo período de tempo, e conseqüentemente pela influência do emprego predominante de certo órgão, ou pelo seu desuso, a natureza o conservará nas gerações seguintes nos novos indivíduos, desde que as modificações adquiridas sejam comuns aos dois sexos, ou aos indivíduos que tenham produzido os novos indivíduos (p. 175)

A combinação das duas leis que usualmente é chamado de herança de características adquiridas. Lamarck destaca que a adequação observada entre as estruturas dos animais e seus usos, fizeram os naturalistas concluir que as formas e o estado das partes produzem a função, ou seja, que a forma determina a função. Lamarck entende que este é um erro dos naturalistas anteriores, justificando que através da observação se pode demonstrar o contrário, ou seja, as necessidades e funções são as responsáveis pela transformação (evolutiva, diríamos hoje) de novas formas, assim como pela origem de formas que antes não existiam. Portanto, de acordo com as diferentes circunstâncias haverá diferentes respostas dos organismos; sendo assim, a diversidade de circunstâncias é a causa da variedade de formas existentes. Para Lamarck, as principais circunstâncias são ocasionadas por influência do clima, do local onde vive a espécie, de seu modo de vida, de suas defesas, de suas formas de reprodução, assim como de outras características fundamentais para a vida de uma espécie.

Lamarck procura fundamentar suas ideias apresentando o que ele acredita ser evidências observacionais, apresentando assim uma série de exemplos que visam sustentar sua hipótese evolutiva. Ele divide tais exemplos em dois grupos, que parecem perfeitamente naturais ainda

hoje, para nós, leitores do século XXI: um grupo sobre as características perdidas pelo desuso; e outro grupo contemplando as características adquiridas após a exigência de um novo hábito requerido pelas circunstâncias ambientais. Os exemplos incluem vários grupos animais dentre eles insetos, répteis, aves, mamíferos, etc. Como exemplo das características que definham pelo desuso selecionamos a passagem seguinte:

Como a luz não penetra em todas as partes, os animais que vivem em lugares privados dela não podem usar os órgãos da visão caso a natureza os tenha beneficiado com eles. Pois os animais que fazem parte de um plano de organização no qual os olhos entram por necessidade, deveriam tê-los na sua origem. Entretanto, fica evidente que o empobrecimento e a desapareição deste órgão são efeitos da falta de uso. (p.179)

Na origem dos grupos de animais cegos, mas providos de olhos, tais estruturas eram necessariamente funcionais, ou seja, tais animais viviam em circunstâncias onde seus olhos lhe eram uteis, pois havia luz. Todavia, a mudança nas circunstâncias levou esses animais a viverem em locais como cavernas onde não há luz. Neste caso os olhos não eram mais necessários, e começam a perder sua função, ou seja, foram atrofiando. A mesma lógica, só que atuando em sentido contrário faz com que estruturas muito usadas se desenvolvam, como no seguinte trecho:

A ave, a qual a necessidade à leva a água para encontrar a presa que deverá nutri-la, separa os dedos das suas patas quando quer empurrar a água e movimentar-se pela superfície. A pele que une os dedos na sua base se contrai, mas por tais ações repetida incessantemente, por hábito se estende; por isso com o tempo se formam as largas membranas que unem os dedos dos patos, gansos, etc. Os mesmos esforços feitos para nadar, ou seja, para empurrar a água afim de movimentar-se e deslizar no meio líquido ocasionou da mesma forma a extensão das membranas que estão entre os dedos das rãs, tartarugas marinhas, lontra, castor, etc. (p. 183)

Dentre as várias supostas evidencias citadas por Lamarck a respeito das mudanças causadas pelo uso continuado de uma estrutura em resposta a uma circunstância ambiental diferente encontramos o famoso exemplo do pescoço da girafa:

Sobre os hábitos é curioso observar o resultado da forma e tamanho peculiar da girafa. Sabe-se que este é o animal mais alto dentre os mamíferos, vive no interior da África, onde a região árida e com poucas pradarias torna obrigatória a procura das folhas das árvores. Este hábito mantido depois de muito tempo, em

todos os indivíduos da sua raça resultou no aumento das patas dianteiras e do alongamento do seu pescoço, de tal forma que o animal, sem a necessidade de subir sobre as patas traseiras, levanta sua cabeça e alcança com ela seis metros de altura (p.188)

Um fato curioso é que não há nenhum destaque para este ponto que justifique a sua referência como o exemplo principal de Lamarck. Essa é uma boa oportunidade para discutir por que o exemplo da girafa é tão repetido. O professor em sala de aula poderá explorar com seus alunos outros exemplos da força do uso, dos hábitos, presentes no capítulo VII (LAMARCK, 1986):

O produto dos hábitos é também muito notável nos mamíferos carnívoros, ainda que apresente efeitos de outro gênero. Aqueles mamíferos que estão habituados, assim como a sua raça, a trepar, a arranhar para cavar a terra, a utilizar as garras para atacar outros animais fazendo deles sua presa, tiveram a necessidade de apresentar dedos, e estes hábitos formaram sua separação, ocasionando as garras que podemos observar presentemente. (p. 188)

Vários estudos sobre ensino da teoria da evolução mostram que os alunos expressam ideias semelhantes a essa (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; BISHOP; ANDERSON, 1990; BIZZO, 1991; SANTOS, 2002). Explicitar tais ideias e compará-las com as de Lamarck pode contribuir para mudanças conceituais entre os alunos, na direção de uma teoria da evolução mais próxima da que admitimos hoje. Para Lamarck (1986), o mecanismo fisiológico, pelo qual a necessidade de um animal determina uma ação aos órgãos que devem executá-la, ocorrem por meio de fluídos sutis (fluídos nervosos) que preenchem o corpo dos animais, fazendo uma analogia é como se fosse uma máquina hidráulica com a capacidade de se modificar para superar obstáculos encontrados na Natureza. A consequência deste processo é o desenvolvimento, extensão, fortalecimento e até mesmo a criação de órgãos que sejam necessários. A conservação destas modificações pode ser herdada desde que os indivíduos de ambos os sexos compartilhem a mesma característica e, como já ressaltado, a mudança de circunstância que induz à mudança de hábito permaneça por um longo tempo:

Toda mudança adquirida em um órgão por um hábito mantido, para ter ocorrido, se preserva para as próximas gerações, caso seja comum aos indivíduos que se unem na fecundação e reprodução da sua espécie. Desta forma a mudança se dissemina e por isso é passada para todos os indivíduos das próximas gerações

que tenham sido submetidos às mesmas circunstâncias, sem a necessidade de passar pelo mesmo processo que a criou. (p. 190)

Ou seja, uma coisa são condições iniciais que dão origem a uma nova estrutura; outra coisa são as condições que permitem que as características originadas de uma forma ou de outra sejam transmitidas às gerações subsequentes. Entretanto, quando as características não são compartilhadas pelos parceiros reprodutivos ela tende a desaparecer. Assim, de uma forma ou de outra, características existentes podem desaparecer, assim como novas características podem ser originadas:

a conformação dos indivíduos e suas partes, seus órgãos, suas habilidades etc., em todos os lugares são unicamente resultados das circunstâncias nas quais cada espécie foi encontrada pela natureza e dos hábitos que os indivíduos que a compõem foram obrigados a adotar, não sendo produto de uma forma constante anterior que forçou os animais a terem os hábitos conhecidos. (p. 191)

Lamarck parece querer dizer aqui, que os hábitos e as estruturas não permanecem os mesmos desde sempre, pois ambos estão sujeitos às mudanças das circunstâncias. Vale ressaltar que quando Lamarck publicou seu livro, 1809, a teoria celular não havia ainda se estabelecida assim como pouco se sabia como se dava o desenvolvimento (ontogênese) dos animais, sobretudo de um ponto de vista mais sistematicamente experimental ou mesmo observacional. Lamarck propõe um mecanismo que pareceu a muitos, incluindo Darwin como veremos, perfeitamente racional: o corpo dos animais muda conforme as circunstâncias do ambiente exigem tais mudanças, que são transmitidas para a prole, se mantidas ao longo das gerações, nos dois sexos de cada espécie. Reforçando seus argumentos na parte final do capítulo VII (LAMARCK, 1986), Lamarck expõe a concepção admitida até então, confrontando com as conclusões obtidas por ele.

Conclusão admitida até hoje: A natureza (ou seu autor), ao criar os animais, antecipou todas as possíveis circunstâncias nas quais teriam que viver dando a cada espécie uma organização constante, como uma forma determinada e invariável das suas partes que forçam a cada espécie a viver de acordo com os lugares e climas nos quais se encontram mantendo os hábitos existentes. Minha conclusão particular: a Natureza, ao produzir sucessivamente todas as espécies de animais e começando pelos mais imperfeitos ou mais simples, para terminar sua obra pelos mais perfeitos, complicou gradualmente sua organização, e esses animais espalharam-se por todas as regiões do globo, cada

espécie recebendo a influência das circunstâncias nas quais se encontram os hábitos que conhecemos e as modificações que podemos observar nas suas partes. (p. 192)

Lamarck conclui então esse capítulo, que consideramos ser importante para o ensino da teoria da evolução, se seguirmos Jensen e Finley (1995; 1997), afirmando que a concepção tradicional estabelece a imutabilidade dos seres vivos, ou seja, a organização e estrutura das espécies não variam nunca, assim como o ambiente no qual se inserem, pois, uma vez que haja modificações esses animais não poderiam viver neles, se extinguiriam. Portanto, implícito na conclusão tradicional está a ideia de que as circunstâncias são estáveis, concepção que Lamarck contesta desde as primeiras linhas do capítulo VII.

Curiosamente Lamarck também usa como argumento a favor de sua concepção evolutiva o processo de domesticação animal:

Logo, se apenas um fato comprova que um animal longamente domesticado difere da sua espécie selvagem que o originou, e caso se essa espécie domesticada encontra-se uma grande diferença de conformação entre os indivíduos submetidos a diferentes hábitos, haverá, portanto, a confirmação de que a primeira conclusão não se ajusta às leis da natureza, contrariamente à segunda que correspondem a elas. (p.193)

Lamarck utiliza primeira e segunda conclusão para se referir respectivamente a interpretação tradicional e evolutiva. Essa passagem pode ser explorada pelo professor principalmente quando ele mostrar que a teoria da seleção natural foi apresentada e explicada inicialmente por Darwin (1985), em *A origem das espécies*, a partir da domesticação animal. O argumento de que o homem fez evidentes modificações em espécies animais e vegetais ao longo de poucas gerações, e que assim, analogamente a Natureza também poderia fazer o mesmo ao longo de um tempo muito maior, pode e deve ser explorada em sala de aula, como modelo de evolução. Assim, mais uma vez, o os alunos possivelmente poderão identificar as suas concepções com os mecanismos propostos por Lamarck (LAMARCK, 1986), não só para explicitar suas concepções prévias, mas para criar uma lógica coerente para suas respectivas maneiras de pensar sobre a transformação das espécies. Como veremos no momento de usar as ideias de Darwin, o professor pode explorar também, ou sobretudo, a diferença entre *instruir* (no sentido da teoria de Lamarck, de que as circunstâncias instruem mudanças de ações e hábitos e

tais mudanças instruem mudanças na forma ou estrutura) e *selecionar* (no sentido da teoria de Darwin, de que variações naturais dentro das populações são diferencialmente selecionadas). Tal distinção entre instruir e selecionar pode levar o professor inclusive a discutir o conceito de variação em seu nível mais elementar, o nível genético, deixando claro que isso dependendo do grau de profundidade que o professor está trabalhando ou deseja trabalhar.

4.2 HAECKEL, USO E DESUSO E HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS ADQUIRIDAS

Seguindo os objetivos deste trabalho, continuamos a apresentar as principais ideias de alguns naturalistas que contribuíram com o desenvolvimento do pensamento evolutivo, e que possuam similaridades com as concepções que mais costumeiramente são apresentadas pelos estudantes. Considerando a teoria da aprendizagem por mudança conceitual, espera-se que dessa forma os alunos possam identificar os problemas e limites de suas explicações, fazendo com que eles busquem conceitos e dados científicos válidos para formular suas interpretações.

Assim, iremos dedicar esta parte da presente dissertação ao médico e naturalista alemão Ernst Haeckel (1834-1919). A importância de Haeckel na história das ciências naturais se deve ao seu empenho em divulgar as ideias evolucionistas, considerando que ele mesmo se definia como um defensor da teoria Darwin (GILGE, 2013). Os trabalhos desenvolvidos por Haeckel focavam as relações evolutivas entre diversas espécies de seres vivos, que ele representava em grandes árvores filogenéticas. Certamente seria mais coerente introduzir as ideias sobre uso e desuso e herança de características adquiridas de Haeckel após apresentar as ideias de Darwin, seguindo assim certa ordem cronológica pois, a obra de Darwin é anterior a de Haeckel. Todavia preferimos inverter essa ordem com o objetivo de enfatizar como, ao longo da história, as concepções de uso e desuso e herança de características adquiridas foram se tornando quase universais, persistindo mesmo depois da publicação de *A Origem das Espécies*. Lembrando que o próprio Darwin, como veremos, também usou essas concepções, em seu livro *Origem das espécies*, livro que introduz o conceito de seleção natural, deslocando em muito a importância dos conceitos de uso e desuso e herança de características adquiridas. Embora Haeckel também faça referência à seleção natural, ele esboça um mecanismo evolutivo que justamente conjuga o uso e o desuso com a herança de características adquiridas em combinação com a seleção natural. Em sua concepção evolutiva (HAECKEL, 1911), Haeckel acaba por diminuir a ação do

mecanismo seletivo. Por essa razão, Haeckel é considerado um neolamarckista. Como veremos, Haeckel propõe um mecanismo no qual a hereditariedade (relacionada por ele à reprodução), concebida como um fenômeno conservador, combinada com a adaptação (cuja causa, segundo ele, é a seleção natural), compreendida como um fenômeno modificador, levam ao processo da evolução das espécies.

Ao longo de sua carreira Haeckel publicou diversas obras importantes, sendo inclusive citado por Darwin como um eminente embriologista na introdução de *A origem do homem e a seleção sexual*, publicado em 1871 (GILGE, 2013). No presente trabalho iremos nos restringir ao livro *História da Criação dos Seres Organizados ou Doutrina Científica da Evolução* (HAECKEL, 1911) publicado no ano de 1868 considerado um dos seus trabalhos de divulgação científica mais relevantes, e por esse motivo de fácil leitura e uso por parte do professor disposto a aplicar nossa proposta em sala de aula. Desde o prefácio, Haeckel esclarece que esse livro pretende construir uma grande árvore genealógica com o objetivo de desvendar o enigma do parentesco dos seres vivos. Para tanto ele considera a existência de uma unidade na criação dos seres vivos, ou seja, ele acredita que todas as espécies descendem de um ancestral comum, ou um grupo de seres muito simples.

O livro está dividido em 24 lições ou capítulos, Haeckel agrupou as lições em 5 partes focadas em temas específicos, sendo elas:

Parte 1: PARTE HISTÓRICA – História da teoria da evolução

Incluindo as lições I, II, III, IV, V, VI

Parte 2: PARTE DARWINIANA – O darwinismo ou a teoria da seleção natural

Inclui as lições VII, VIII, IX, X, XI

Parte 3: PARTE COSMOGENÉTICA – Leis da teoria do desenvolvimento

Inclui as lições XII, XIII, XIV, XV

Parte 4: PARTE FILOGENÉTICA – A filogenia ou história genealógica dos organismos

Inclui as lições XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI

Parte 5: PARTE ANTROPOGENÉTICA – Aplicação da teoria do desenvolvimento ao homem

Inclui as lições XXII, XXIII, XXIV

Nos primeiros seis capítulos, antes de apresentar sua própria concepção de evolução biológica, Haeckel faz uma longa introdução histórica apresentando os principais naturalistas que até então contribuíram de alguma forma, seja defendendo as leis naturais de transformação (como Kant, Goethe e Lamarck) ou opondo-se a elas (como Agassiz e Cuvier) para o estabelecimento da

evolução como um tema aceito cientificamente. No sexto capítulo (sexta lição) Haeckel apresenta *A teoria da evolução, segundo Lyell e Darwin*. Acreditamos que esses seis primeiros capítulos poderiam ser utilizados pelo professor em sala de aula não só como uma fonte primária sobre como Haeckel concebeu os vários personagens da história teoria da evolução, mas também como um painel no qual o aluno poderia ter uma visão ampla de como a ideia da transformação das espécies mobilizou o pensamento de naturalistas e filósofos. E identificar qual ou quais concepções se assemelham com as concepções discentes.

Segundo Haeckel, a transição mais importante nas ciências naturais foi a mudança do que ele chama de pensamento teleológico para a teoria genealógica. Tal transformação implica em compreender que o fenômeno da vida nas suas diversas formas se enquadra em leis naturais que explicam características e comportamentos que até então eram compreendidas como atividade voluntária de um criador. Além disso, Haeckel afirma que o pensamento teleológico prevê a existência de duas naturezas distintas, uma explicada pelas suas causas mecânicas, enquanto a outra se referia a uma causa final consciente, divina.

A proposta que se contrapõe aos princípios teleológicos, Haeckel denomina de doutrina genealógica que por sua vez considera a existência de um ancestral comum que originou todos os seres vivos, ou seja, que os organismos teriam origem na matéria bruta e por meio de processos explicados por leis naturais teriam evoluído de maneira gradual. Este pensamento teria surgido da necessidade de explicar a natureza orgânica tendo como princípio a ideia de que o mundo biológico também obedecia a leis naturais, leis do mesmo tipo utilizadas nas explicações da Física, sendo um critério de demarcação das ciências, a explicação a partir de leis.

Para ajudar a construir seu raciocínio evolucionista Haeckel se apoia em uma série de supostas evidências a favor da doutrina genealógica. Para Haeckel, segundo o geólogo alemão Leopold von Buch, grupos diferentes de organismos se distribuem em razão dos diferentes cenários ambientais (disponibilidade de água e alimento, tipo de solo, clima, etc.) e formam variedades que vão se diferenciando da variedade primitiva, que também se modifica. Essa diferenciação impede que os dois grupos que estão divergindo se misturem. Haeckel utiliza o exemplo da linguagem como analogia para esse tipo de modificação:

Do mesmo modo que os diferentes dialetos e idiomas, os diversos ramos das línguas fundamentais alemãs, eslavas, greco latinas e indo arábicas provêm de uma só língua indo europeia, do mesmo modo que as suas diferenças, os seus

caracteres gerais comuns se explicam, uns por adaptação, outros por hereditariedade, assim as espécies, os gêneros, as famílias, as ordens, as classes dos vertebrados descendem de um vertebrado comum, sendo causa das diferenças a adaptação, e dos caracteres fundamentais comuns à hereditariedade (p.84).

No que tange especificamente à teoria da evolução, Haeckel refere-se a Lamarck com bastante entusiasmo, considerando-o responsável por conseguir levar a teoria à categoria de teoria científica independente e de fazer da filosofia da natureza a base sólida de toda a biologia. Para ele o livro *Filosofia Zoológica* é a primeira exposição racional que leva às últimas consequências a teoria genealógica. Para Haeckel, na obra de Lamarck a natureza orgânica foi inserida dentro de um ponto de vista puramente mecânico, estabelecendo de maneira filosófica a necessidade desse ponto de vista. Para ele, Lamarck supera as ideias predominantes no seu tempo, e até a publicação de *A Origem das Espécies* de Darwin, não teria havido outro livro que se assemelhasse a *Filosofia Zoológica* no sentido de explicitar e explicar como ocorre o processo evolutivo.

Haeckel faz uma síntese das principais ideias defendidas por Lamarck e também discute exemplos como o da girafa e o dos animais aquáticos, que apresentamos na seção anterior. Haeckel tece vários elogios em relação a *Filosofia Zoológica* de Lamarck, e ressalta a importância dessa obra. Ele concorda com Lamarck quando este diz que o hábito é uma das principais causas da modificação dos seres vivos. No entanto, Haeckel considera que a adaptação e a herança não são as únicas causas de produção de diversidade de formas. Para ele, Lamarck não conseguiu chegar ao outro princípio tão fundamental como o identificado por ele (e por Darwin), o da seleção natural.

Por mais justa que seja, geralmente, esta ideia fundamental, Lamarck dá ao hábito uma importância muito exclusiva; sem dúvida, que é uma das principais causas da modificação das formas, mas não é a única. No entanto, devemos consignar que Lamarck compreendeu perfeitamente a ação recíproca das duas formadoras orgânicas, adaptação e herança; mas desconheceu o princípio extremamente importante, da seleção natural da luta pela existência, princípio que cinquenta anos mais tarde Darwin nos fez conhecer (p. 89).

Haeckel cita outros naturalistas europeus contemporâneos que arriscaram apresentar suas concepções evolutivas. Conclui que boa parte deles convergem quanto a ideia de que todas as espécies de animais e vegetais existentes são provenientes de lentas transformações de uma forma

ou de um pequeno número de formas ancestrais muito simples, surgidas por geração espontânea da matéria orgânica. Entretanto, para Haeckel, com exceção de Darwin nenhum deles conseguiu reunir evidências suficientes para desenvolver o ponto fundamental da doutrina genealógica e demonstrar quais são as verdadeiras causas mecânicas da metamorfose das espécies orgânicas.

Há dois pontos que é preciso distinguir nitidamente (o que raramente se faz); é preciso, primeiro, separar a teoria genealógica de Lamarck, isto é, a afirmação pura e simples, segundo a qual todas as espécies animais e vegetais descenderiam de formas primitivas comuns e muito simples, originadas espontaneamente; segundo, a teoria darwiniana da seleção, que nos demonstra como se deu essa metamorfose progressiva das formas orgânicas, faz-nos ver as causas mecânicas dessa criação ininterrupta e sempre nova, assim como a diversidade sempre crescente dos animais e das plantas (p.94).

De acordo com Haeckel todo naturalista que não aceitava a criação divina como causa da diversidade biológica da Terra, admitia a evolução natural. Haeckel defende também que Lamarck deveria ser considerado o fundador da teoria da origem comum, e que o Darwinismo deveria se referir à teoria da seleção natural.

Nas lições seguintes, nos capítulos que se seguem aos cinco iniciais, Haeckel apresenta argumentos para explicar os processos que permitiram a evolução da vida até o ponto em que a observamos hoje. Dois dos fatores mais considerados pelo autor são a hereditariedade (favorecida pelo mecanismo da reprodução) e adaptação (implicada pela nutrição). Hereditariedade e adaptação formam como que um sistema de forças do qual resulta a evolução:

Muito tempo antes que Darwin formulasse a sua teoria da seleção, alguns naturalistas, e especialmente Goethe, explicavam a multiplicidade das formas organizadas pela ação combinada de duas forças formadoras, uma conservadora e a outra modificadora ou progressiva. Goethe chama a primeira: força centrípeta ou de especiação; e a segunda, centrífuga ou de metamorfose. Estas duas forças correspondem perfeitamente as duas funções de hereditariedade e da adaptação. A hereditariedade é a força formadora, *centrípeta* ou *interna*; trabalha para sustentar as formas orgânicas no limite das suas espécies, fazendo com que a descendência se assemelhe aos antepassados e para produzir gerações cunhadas na mesma efígie. Pelo contrário a adaptação contrabalança a hereditariedade; é a força formadora *centrífuga*, *externa*; tende perpetuamente a transformar as formas orgânicas na pressão das influências exteriores, a tirar novas formas das preexistentes, a contrariar a imutabilidade e a constância da espécie. Segundo a preponderância na luta pertence à hereditariedade ou a adaptação, persiste a forma específica ou se transforma numa nova espécie. O grau de fixidez ou de variabilidade das diversas espécies animais e vegetais é simplesmente o

resultado da preponderância momentânea exercida por uma das duas forças formadoras, das duas funções fisiológicas sobre o seu antagonista. (p. 198)

Iniciaremos pela reprodução, que para Haeckel é um conceito essencial para compreender a hereditariedade. Haeckel enfatiza que embora a reprodução sexuada seja a mais conhecida, e que por vezes deixamos de lado a reprodução assexuada, estas últimas são fundamentais para compreender o conceito de hereditariedade das gerações, uma vez que esta conserva as propriedades do seu gerador. Embora haja particularidades, este tipo de reprodução não somente conserva certas propriedades, como produz um outro corpo multicelular, reproduzindo as formas e fenômenos vitais do organismo produtor. Nessa altura é importante destacar que para Haeckel a hereditariedade associada ao processo da reprodução são fenômenos conservadores no sentido de que tendem a fazer com que determinadas características dos genitores reapareçam na prole.

A reprodução sexuada atualmente é um processo habitual de reprodução dos vegetais e animais superiores. Provavelmente este tipo de reprodução surgiu tardiamente na história da Terra. Haeckel afirma que durante os períodos mais antigos da Terra todos os organismos se reproduziam assexuadamente. Mas, independentemente de qual seja o tipo de reprodução empregada por uma espécie de ser vivo espera-se que os novos indivíduos se assemelhem aos seus pais:

O fato essencial nos diferentes casos de reprodução é sempre a separação de uma parte do organismo gerador e a aptidão dessa parte para ter uma existência individual, independente. Devemos, em todos os casos, esperar antecipadamente ver os indivíduos novos, que são como se diz vulgarmente, a carne e o sangue dos seus pais, reproduzir os mesmos fenômenos vitais, as mesmas propriedades morfológicas dos pais. Sempre se transmite de pais a filhos uma maior ou menor quantidade de matéria, de protoplasma albuminoide ou substância celular. Mas também se transmitem ao mesmo tempo as propriedades dessa matéria, os movimentos moleculares do plasma, que mais tarde se manifestarão com uma modalidade própria. (p. 156)

Considerando que na reprodução assexuada os indivíduos se dividem a partir de estruturas já formadas, de observação mais fácil, Haeckel, faz uma explicação mais detalhada da maneira como ocorre a hereditariedade das características na reprodução sexuada.

A vida de qualquer organismo não é mais do que um encadeamento contínuo de movimentos materiais muito complexos. Esses movimentos são mudanças na

posição relativa e na composição química das moléculas, isto é, das minúsculas partículas da matéria viva; são combinações anatômicas muito variadas. A direção especificamente determinada desse movimento vital homogêneo, persistente, iminente, resulta em cada organismo da mistura química da substância albuminoide geradora que lhe deu nascimento. (p. 157)

Ou seja, Haeckel acredita que a prole é produto da mistura das substâncias reprodutivas dos genitores masculino e feminino. Haeckel apresenta uma reflexão dos diferentes tipos de reprodução, enfatizando que a reprodução assexuada é onde se pode observar a hereditariedade de maneira mais explícita.

Mas devo assinalar a este respeito uma importante diferença entre a geração sexuada e a geração assexuada. Sabe-se de há muito, que as particularidades individuais do organismo produtor se transmitem mais exatamente na geração assexuada do que na sexuada. De há muito que os jardineiros utilizam esse fato. Se por acaso sucede que uma árvore, pertencendo a uma espécie cujos ramos são rígidos e eretos, tenha ramos pendentes, não é por meio de reprodução sexuada, mas pela assexuada que o horticultor pode fixar essa propriedade. Ramos, tirados dessa árvore e plantados como gomos, tornando-se mais tarde árvores que tem ramos pendentes, como o chorão, certos freixos e certas faias. Contrariamente, os indivíduos provindos das sementes de tal árvore que rebentam ordinariamente eram ramos rígidos e eretos como os dos ancestrais. Observa-se o mesmo com as árvores cor de sangue, que são variedades caracterizadas pela cambiante rubra ou vermelho pardo das suas folhas. Os descendentes dessas árvores (por exemplo faias cor de sangue), obtidos pela reprodução assexuada, por gomos, tem uma cor especial e a constituição das folhas características do indivíduo de onde provem, enquanto que os indivíduos saídos das sementes retomam a folha de cor verde. (p. 158)

Como veremos adiante a outra atividade vital dos seres vivos, além da hereditariedade (associada à reprodução, como estamos vendo) é a adaptação, sendo a adaptação responsável pela produção das diferentes espécies orgânicas. Por ora, no entanto, aprofundemos um pouco a visão que Haeckel tem da hereditariedade. Ele divide esse processo em dois grandes grupos, as hereditariedades conservadoras e as progressivas:

Primeiro podemos dividir os fenômenos da hereditariedade em dois grupos; um representando a hereditariedade dos caracteres legados, e outro a hereditariedade dos caracteres adquiridos; a primeira forma de hereditariedade chama-se hereditariedade conservadora: a segunda hereditariedade progressiva. Funda-se esta distinção neste fato extremamente importante, a saber: os indivíduos pertencentes a uma espécie animal ou vegetal legam a posteridade não só as

propriedades que herdaram dos ancestrais, mas as propriedades individuais adquiridas durante a vida. (p. 161)

Assim, retomando os escritos de Lamarck, para Haeckel, as características adquiridas durante a vida podem ser transmitidas para a posteridade. Todavia, ao contrário de Lamarck, Haeckel não enfatiza a importância das mudanças nas circunstâncias (ambientais) que levam a transformação dos hábitos, e, conseqüentemente à mudança de funções, que ocasionam finalmente a mudança de estrutura, que deverão ser mantidas ao longo de gerações. Em Haeckel, parece que mudanças adquiridas em uma geração podem ser como que transmitidas quase que imediatamente às gerações futuras. Nesse ponto, o professor pode aproveitar as diferenças entre Lamarck e Haeckel para sondar como seus alunos concebem os mecanismos de mudanças estruturais e funcionais das espécies. Haeckel também considera a hereditariedade por saltos, para justificar a razão de muitos indivíduos terem mais semelhanças com seus avós do que com seus pais.

Haeckel descreve vários tipos de hereditariedade; uma delas, a abreviada ou simplificada compreende que a história do desenvolvimento ontogênico é a recapitulação curta e rápida da filogenia. Este tipo de hereditariedade, frequentemente relacionado à figura de Haeckel na literatura, é chamada de “lei biogenética” ou “lei da recapitulação” (MAYR, 1998). Todavia, Haeckel considera que esses paralelismos nunca são rigorosamente exatos, uma vez que algumas etapas do desenvolvimento se perderam ao longo do tempo evolutivo.

A quinta lei da hereditariedade conservadora é a lei da hereditariedade abreviada ou simplificada. Esta lei é muito importante para a embriologia ou ontogenia, isto é, para a história do desenvolvimento dos indivíduos orgânicos. Como o indiquei na primeira lição, e como explorei mais tarde detalhadamente, a ontogenia, isto é, a história do desenvolvimento do indivíduo, é simplesmente uma recapitulação curta e rápida conforme com as leis da hereditariedade e da adaptação, da filogenia, isto é, da evolução paleontológica de toda a tribo orgânica ou filo (*phylum*) a qual pertence o indivíduo examinado. Segue o desenvolvimento individual do homem, do macaco, de qualquer mamífero superior, no útero materno, que vereis que o gérmen, incluso o ovo, e depois o embrião percorrem uma série de formas muito diferentes. Além disso essas formas reproduzem de um modo geral, ou pelo menos seguem paralelamente a série de formas oferecidas pela série ancestral histórica dos mamíferos superiores. Entre esses ancestrais há certos peixes, anfíbios, marsupiais, etc. (p.166)

Haeckel passa a apresentar o conjunto de outro tipo de herança, as hereditariedades progressivas, que consiste no fato dos organismos não herdarem apenas as propriedades recebidas dos seus ancestrais, mas também algumas características individuais adquiridas por adaptação (fisiológica) durante a vida. Para exemplificar este tipo de herança o autor cita algumas doenças como a tuberculose (*phthisica*), a loucura e características como o albinismo, que de acordo com ele demonstram esta lei de forma incontestável. Sobre o albinismo Haeckel diz ser um fenômeno bastante frequente nos animais e plantas, caracterizada pela ausência de pigmentação, e em casos como coelhos e ratos os albinos são muito estimados, sendo a reprodução muito cuidada com a intenção de preservar esta característica. No entanto, Haeckel afirma não saber definir quais as modificações adquiridas podem ou não ser herdáveis. Isso se deve, segundo ele, ao desconhecimento das condições determinantes da hereditariedade. Mesmo sem conhecer esse processo ele faz a seguinte afirmação:

Sabemos somente de um modo geral, que certas propriedades adquiridas se transmitem muito mais facilmente do que outras, e na segunda categoria deveremos incluir as mutilações por ferimentos. Ordinariamente estas mutilações não são hereditárias; se assim fosse, a posteridade dos homens que houvessem perdido um braço ou uma perna viria privada desses membros. Portanto, há exceções; obteve-se uma raça de cães sem cauda, cortando sistematicamente, durante várias gerações, a cauda dos machos e das fêmeas. Deu-se um caso destes há anos em Iéna. Um touro de cauda cortada por se haver fechado bruscamente a porta do estábulo, os vitelos por ele engendrados, nasceram sem cauda. Por certo que é uma exceção; mas é importante constatar que, sob a influência de certas condições para nós desconhecidas, mesmo as alterações de forma produzidas pela violência podem tornar-se hereditárias como certas doenças. (p. 168)

Aqui fica claro, mais uma vez, como Haeckel pensa, diferente de Lamarck, que características adquiridas ou perdidas em uma geração podem ser transmitidas imediatamente para a geração seguinte. Outro exemplo, de Haeckel, para esse fenômeno é o caso de uma linhagem de carneiros dos Estados Unidos:

Em 1771 vivia no estado de Massachusetts, Seth Wright, um cultivador. Num rebanho de animais normalmente conformados apareceu um dia um anho (filhote de ovelha) tendo um ventre muito alongado e patas curtas e curvas. Era impossível a este animal saltar alto, saltar, por exemplo, uma sebe, e passar para o jardim do vizinho. Ora o quintal era isolado por sebes, de modo que esta particularidade do animal foi considerada preciosa pelo dono. Pensou logo, em

transmiti-la aos seus descendentes; e, com efeito, acasalou este indivíduo com ovelhas normais e obteve uma raça de carneiros tendo todos, como o seu ancestral masculino, o ventre grande e patas curvas e curtas. Estes carneiros não podiam saltar as sebes; por isso foram muito procurados em Massachusetts e aí se propagaram. (p. 169)

Podemos observar que no exemplo acima, embora Haeckel argumente que ele seja evidencia de uma herança de características adquiridas, com os elementos que possuímos atualmente, podemos considerar que se trata de seleção artificial, pois Haeckel não afirma que a variedade de ovelha que não conseguia saltar teria aparecido pelo uso ou desuso de suas pernas e patas. Podemos, então nesse caso, interpretar a modificação como uma mutação espontânea que posteriormente foi selecionada pela intervenção do cultivador, pois atendia à sua própria preferência por animais que não fugissem do local onde eram criados.

Como dito anteriormente Haeckel propõe um mecanismo no qual a hereditariedade conjugada com a adaptação, compreendida como um fenômeno inovador e modificador, levam ao processo da evolução das espécies. A partir de agora iremos considerar como Haeckel concebe a adaptação. Assim como na descrição sobre hereditariedade Haeckel, também apresenta várias leis para a adaptação. Iremos aqui usar as que consideramos mais relevantes dentro dos objetivos propostos deste trabalho. Começemos com a definição de adaptação para Haeckel (1911):

Por adaptação ou variação queremos dizer que, sob a influência do mundo exterior ambiente, adquiriu o organismo nas suas funções fisiológicas, na sua constituição, na sua forma, algumas particularidades novas, que lhe não haviam sido legadas. Por outro lado, chamamos faculdade de adaptação ou variabilidade a faculdade inerente a todos os organismos de adquirir propriedades novas sob a influência do mundo exterior. (p.172)

Considerando a adaptação como causa principal da variabilidade, Haeckel atribui à nutrição a causa determinante da adaptação.

Para mim a nutrição não é somente a ingestão de substâncias realmente nutrientes, mas a influência da água, da atmosfera, da luz solar, da temperatura, de todos os fenômenos meteorológicos designando-se pelo nome de clima. Compreendo por nutrição ainda a influência mediata ou imediata da constituição do solo, da habitação, da ação variada e importante que os organismos circunvizinhos exercem, sejam eles amigos, inimigos ou parasita, etc., sobre cada planta ou sobre cada animal. Todas essas influências e outras mais importantes afetam o organismo na sua composição material e devem ser

consideradas debaixo do ponto de vista das permutas materiais. A adaptação será o resultado de todas as modificações suscitadas nas trocas materiais do organismo pelas condições externas da existência, pela influência do meio ambiente. (p. 174)

Logo, a adaptação e a variação são fatores efetivamente evolutivos, que fazem aparecer novidades nas espécies, e que podem levar à produção de novas espécies, sempre intermediadas pela ação do ambiente. Para Haeckel, assim como no caso da hereditariedade, também há para a adaptação a diferenciação entre adaptação direta e indireta. Dentre as adaptações diretas ele descreve uma lei de *Adaptação geral ou universal*.

todos os indivíduos orgânicos diferenciam-se uns dos outros no decorrer da sua vida pelo fato da adaptação às diversas condições da existência, ainda que os indivíduos de uma só e única espécie fiquem sempre análogos entre si. Como viram, uma certa desigualdade dos indivíduos orgânicos já resulta da lei de adaptação individual, (indireta). Mas essa desigualdade individual acentua-se mais ainda porque cada indivíduo durante a vida suporta condições particulares de existência e adapta-se a elas. Todos os indivíduos da mesma espécie, por mais análogos que sejam, tornam-se dissemelhantes entre si no decorrer ulterior da existência. (p.181)

Assim, Haeckel enfatiza que as diferenças também são reforçadas de acordo com as circunstâncias que cada indivíduo se encontra inserido.

Não há dois seres pertencentes a qualquer espécie cuja vida decorra no meio de circunstâncias exteriores idênticas. Difere tudo: a alimentação, a umidade, o ar, a luz, dá-se o mesmo com as condições sociais, relações com os indivíduos da mesma espécie e de outras espécies; ora essas diferenças influem primeiro nas funções e depois nas formas dos organismos que elas modificam [...]. Evidentemente a diferença original da evolução individual acentua-se tanto mais quanto a duração da vida for mais longa e quanto mais dissemelhantes forem os meios em que viva o indivíduo. (p.182)

Haeckel apresenta alguns exemplos para esses supostos fatos:

De dois irmãos, dos quais um foi trabalhador e o outro um padre, o corpo e o espírito desenvolveram-se nos dois de modo diferente; sucede o mesmo com dois cães de uma ninhada, quando se destina um a guarda, o outro a caça. É assim em toda a natureza. (p.182)

Os hábitos dos seres vivos são definidos pela atividade voluntária, assim como por qualquer outra atividade física animal determinada pelo sistema nervoso central. Sendo que essa vontade não é livre, sempre será determinada por influências exteriores ou interiores. Nesse sentido, Haeckel apresenta conceitos muito semelhantes aos de uso e desuso em Lamarck.

Assim a função e, por consequência, a forma do órgão minorizam-se por falta de uso; sucede o contrário quando o exercício é forçado. Coisa simples de verificar, se compararmos o cérebro e as atividades físicas nos animais selvagens e nos domésticos seus descendentes (p. 187)

Todavia, muitos exemplos utilizados para justificar suas evidências são bastante intrigantes e até exagerados.

Muitos exemplos de anfíbios e de répteis mostram com que poder atua a influência extrema dos hábitos sobre o gênero de vida dos animais e os transforma morfológicamente. A serpente indígena, comum cobra de colar, põe ovos que precisam três semanas para a sua eclosão. Mas se conservarem captivos esses animais em uma gaiola, sem areia no chão, guardam os ovos e só os põem no momento da eclosão. Assim, basta modificar o solo em que se assenta o animal, para apagar a diferença entre os ovíparos e os vivíparos. (p. 188)

Em outra passagem Haeckel especula sobre a possibilidade de saltos evolutivos.

Há alguns anos o *Siredon* mexicano, muito aproximado do tritão, produziu um grande espanto entre os zoólogos. De há muito que se conhecia esse animal e criavam-no no jardim das plantas em Paris. Como o tritão, o animal tinha guelras exteriores, mas conservava-as a vida inteira como os outros pneumo-branquiais. O *Siredon* em geral vive e reproduz-se na água.

Mas de repente, entre uma centena desses animais, conservados no museu de Paris, saíram alguns da água rastejando, perderam as guelras e reproduziram-se, a ponto de se não distinguirem, um tipo de tritão sem guelras da América do Norte continuando a respirar somente pelos seus pulmões. Nestes casos interessantes pode-se assistir ao salto brusco, que dá um animal de respiração aquática, ao transformar-se em animal de respiração aérea; pode observar-se esse salto na rã e na salamandra. Com efeito, do mesmo modo que cada larva de rã ou de salamandra passa do estado de animal de respiração branquial ao de anfíbio de respiração pulmonar, assim o grupo inteiro das rãs e das salamandras provém originalmente de um animal de respiração branquial próximo do *Siredon*. Até esse dia ainda os pneumo-branquiais ocupavam o último grau inferior do desenvolvimento. Vê-se que a ontologia pode explicar a filogenia, e que a história da evolução individual esclarece a de todo o grupo. (p. 188)

Ao fazermos uma leitura da *História da Criação Natural* (1911) percebemos que Haeckel possui muitos conhecimentos sobre os autores, história e conceitos da evolução biológica. Todavia sua tentativa de esquematizar e traçar os limites de todas as causas da variabilidade (e também da hereditariedade) torna o texto confuso em alguns momentos. Não é nosso objetivo criticar o livro de Haeckel, porém é interessante verificar a maneira como ele defende certas teorias e a forma como ele apresenta seus conceitos e supostas evidências. Mas é sobretudo importante compreender, todavia, que o conceito de seleção natural em Haeckel não está relacionado ao conceito de adaptação. A adaptação para Haeckel tem no processo fisiológico seu aspecto preponderante e anterior. A adaptação fisiológica é uma fonte de variação, senão a mais importante para Haeckel. Veremos que essa é a diferença fundamental entre o neolamarckismo e o darwinismo. Para Haeckel (1911), a seleção natural opera sobre as variações geradas pela adaptação fisiológica. A evolução de Darwin não lida fundamentalmente com a adaptação fisiológica, mas com a adaptação evolutiva. Para Darwin, há várias fontes de variação nas populações biológicas, e implicitamente Darwin reconhece que há muita variação aleatória neutra, não dirigida pelo meio. A adaptação evolutiva é o resultado de um processo que age como um filtro da variação natural levando uma espécie ao longo do tempo, ter em média, indivíduos mais ajustados ao ambiente. O professor pode explorar as diferenças nos mecanismos explicativos de Lamarck, Haeckel e Darwin, tendo em vista que as ideias lamarckistas e neolamarckistas são muito encontradas entre alunos do ensino médio.

Desta forma se faz importante enfatizar neste momento, e tendo em vista a apresentação e discussão a seguir do processo evolutivo de Darwin, que Haeckel confunde dois fenômenos biológicos distintos que levam o mesmo nome, adaptação. Tratam-se dos casos de adaptação fisiológica e adaptação evolutiva. No primeiro caso, diz-se que um organismo se adapta ao meio ambiente quando sua fisiologia responde imediatamente a condições ambientais bem definidas que implicam mudanças no funcionamento fisiológico que até então operava. Sendo assim, diz-se que um animal ao ser deslocado de uma região para outra adaptou-se ao frio (ou ao calor), quando queremos dizer que sua fisiologia passou a funcionar algo diferente, de acordo com as novas circunstâncias. No caso da adaptação evolutiva, no entanto, a resposta às mudanças ambientais não ocorre no nível dos indivíduos, mas de toda uma população, ou mesmo de uma espécie. Quando se diz que os ursos polares estão adaptados ao frio dos polos, estamos querendo dizer que em um passado ancestral os animais que responderam melhor em termos de

sobrevivência e reprodução às condições climáticas do polo deixaram mais filhotes para as gerações futuras, o que proporcionou animais mais favorecidos (adaptados) frente às condições locais. A adaptação evolutiva é portanto, o fato de que na população de ursos ocorreu um aumento na incidência de uma série de características que favorecem a sobrevivência em baixas temperaturas. Mais uma vez, como no caso da comparação entre o pensamento de Lamarck e Darwin, apontados na seção anterior e desenvolvidas adiante, trata-se da diferença entre a ideia lamarckiana de que o ambiente *instrui* fisiologicamente o organismo em que direção ele deve se transformar, e a ideia darwinista de que o ambiente *seleciona* em populações os organismos que previamente já possuem modificações (variações) mais capazes de enfrentar as condições do ambiente.

4.3 DARWIN: USO E DESUSO, HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS ADQUIRIDAS, SELEÇÃO NATURAL

De acordo com as experiências de Jensen e Finley (1997) os trechos selecionados nas seções anteriores, apoiados pelas narrativas dos professores em sala de aula, poderiam ter a função de auxiliar os estudantes a reconhecerem a semelhança entre suas próprias explicações prévias e as teorias de autores como Lamarck e Haeckel. Ao apresentar os diferentes modelos que explicam a evolução dos seres vivos, espera-se que os alunos consolidem conceitualmente suas explicações, identifiquem seus limites, e passem a utilizar explicações mais coerentes com as teorias atualmente aceitas pela ciência. Os trechos apresentados nesta seção, retirados do livro mais conhecido de Darwin (1985), *A origem das espécies*, publicado pela primeira vez em 1859, contém, além da clara demonstração de que Darwin se apropriou também dos conceitos de uso e desuso e da herança de características adquiridas, entretanto diferente dos outros naturalistas apresentados também considerou o conceito de seleção natural no nível populacional.

Charles Robert Darwin nasceu em 1809, filho de família aristocrata da sociedade inglesa com destacados médicos pelo lado do seu pai, e por essa razão em 1825 foi enviado para estudar medicina em Edinburgh. A aversão aos processos cirúrgicos o fez abandonar o curso, e em 1827 devido à pressão de sua família mudou-se para Cambridge onde iniciaria seus estudos em teologia para tornar-se pastor anglicano. Neste período se aproxima dos estudos das ciências naturais interessando-se principalmente pela botânica (BROWNE, 2008).

Neste período Darwin ingressou no meio intelectual, estreitando laços que seriam fundamentais para sua carreira como naturalista. E em 1831, ele é convidado pelo capitão R. Fitzroy para uma viagem ao redor do mundo no HSM *Beagle*. A viagem tinha como finalidade mapear as costas da América Latina e teve duração de cinco anos (BROWNE, 2008).

Durante todo o período, [Darwin] escreveu extensas observações sobre hábitat, comportamento, coloração, distribuição e coisas do gênero, criou um cuidadoso registro em papel que formaria a base de vários livros e artigos posteriores ao término da viagem. (Browne, 2007 p. 30)

De volta a Inglaterra em 1836, Darwin passa a se dedicar aos estudos das ciências naturais e trocar materiais e informações com outros naturalistas contemporâneos. Ao longo dos anos publicou muitos artigos e alguns livros, dentre eles seu diário de viagem, mas somente vinte anos mais tarde publicaria suas conclusões evolutivas. Com o título original de *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (*A Origem das Espécies Através da Seleção Natural ou a Preservação de Raças Favorecidas na Luta Pela Vida*) teve sua primeira edição em 1859. Posteriormente na sexta edição passaria a se intitular *The Origin of Species* (*A Origem das Espécies*, doravante *Origem*) como passou a ser conhecida (DARWIN, 1985).

A importância da obra de Darwin vai além da introdução do conceito de seleção natural nas ciências biológicas, embora tal conceito não se encontre em nenhuma das teorias evolutivas anteriores. Mayr (2005) afirma que a *Origem* revolucionou nossa maneira de pensar a natureza, rompendo com o pensamento tipológico, oriundo da física, em que um único exemplar ou tipo é utilizado como referência de todos os indivíduos de uma mesma espécie. Mesmo considerado um dos grandes nomes da História das Ciências, a aceitação do modelo proposto por Darwin somente aconteceu muitos anos depois, com o desenvolvimento dos estudos sobre genética, quando se consolidou a Síntese Evolucionista, uma fusão entre os modelos de evolução oriundos de Darwin e o modelo de hereditariedade oriundo de Mendel, na década de 1930 (MAYR, 2005).

Ao aprofundarmos nossa leitura de *Origem* (DARWIN, 1985) podemos observar que Darwin, assim como Lamarck e Haeckel, se apropria de conceitos predominantes nos discursos dos naturalistas da época. Darwin afirma, por exemplo, que o uso de determinadas estruturas e o seu desuso também são fatores que agem na produção de variedades dentro das espécies.

Podemos encontrar vários exemplos ao longo dos capítulos que explicitam esta ideia. Sendo que no Capítulo V (*Leis da Variação*), Darwin dedica uma seção chamada *Efeitos do Uso e Desuso*, da qual selecionamos o trecho a seguir, especificamente para exemplificar como Darwin concebe as ações e mecanismos deste fenômeno fisiológico (DARWIN, 1985).

Com base nos fatos mencionados no primeiro capítulo, acho que deve ter restado pouca dúvida quanto à ideia de que, entre os animais domésticos, o uso reforça e desenvolve certas partes de seus corpos, enquanto que o desuso as atrofia, e que tais modificações são hereditárias. Entre os animais de padrão nativo, não temos padrão de comparação que nos permitam julgar os efeitos de um longo uso ou desuso, pois não conhecemos seus ancestrais. Todavia, os animais selvagens possuem estruturas que podem ser explicadas pelos efeitos do desuso. Segundo observou Professor Owen, não pode haver maior anomalia na natureza do que uma ave que não saiba voar. Entretanto, muitas não sabem. O pato-arminho da América do Sul apenas bate as asas enquanto se mantém na superfície das águas. Suas asas estão quase nas mesmas condições das que se veem entre os patos domésticos da raça Aylesbury. Como as aves terrestres de maior porte raramente voam, exceto para escapar de determinados perigos, acredito que as asas atrofiadas e praticamente inúteis de várias aves que atualmente habitam, ou habitaram até há pouco tempo atrás, certas ilhas oceânicas nas quais não haja predadores, sejam devidas justamente ao desuso. Efetivamente, a avestruz habita áreas continentais, estando expostas a perigos dos quais não escapa através do voo, mas sim à custa das patadas com que se defende de seus inimigos, da mesma forma que o fazem muito quadrúpedes pequenos. Podemos imaginar que o ancestral da avestruz tivesse hábitos semelhantes ao da abetarda³, e que em sucessivas gerações, à medida que iam aumentando de porte e de peso em consequência da seleção natural, passavam a fazer uso cada vez mais frequente das pernas e cada vez mais raro das asas, até se tornarem incapacitadas de voar. (p. 132)

Porém, mesmo com suas considerações sobre o uso e desuso, Darwin destaca que a seleção natural possui papel dominante, o de atuar no acúmulo das variações proveitosas até que se tornem desenvolvidas e presentes em um grupo de animais ou plantas. No trecho citado a seguir, Darwin parece dizer que é problemático estabelecer uma separação entre a ação do uso e desuso e da seleção natural. Todavia, podemos entender que Darwin está propondo que o conceito de uso e o desuso (no caso o uso da pelagem de animais em climas frios), de fato

³ Abetarda são aves pertencentes a família Otididae, possuem porte médio variam entre 50 a 120 cm dependendo da espécie. Os hábitos destas aves são predominantemente terrestres, porém ainda possuem habilidade de voo. Habitam campos abertos como estepes e savanas, distribuídos pelo continente africano e parte do europeu.

consensualmente aceito em meados do século XIX, deve ser complementado, senão suplementado, pelo conceito de seleção natural:

Quando a variação apresenta utilidade mínima para um ser, não podemos afirmar quanto se deveria atribuir à ação acumuladora da seleção natural e quanto às condições de vida. Assim, é fato bem sabido dos peleiros que os animais da mesma espécie ostentam peles mais espessas e de melhor qualidade quanto mais rigorosos os climas sob os quais vivem. Mas quem seria capaz de estimar, em relação a essa diferença, que parcela caberia ao fato de que os indivíduos mais bem agasalhados pela natureza tenham sido favorecidos e preservados durante muitas gerações, e que parte seria devida a ação direta do clima rigoroso? De fato, parece que o clima possui alguma ação direta no que se refere ao pelo de nossos quadrúpedes domésticos. (p. 131)

Essa última frase da citação acima, deixa subentendido que o clima pode ter *alguma* ação direta sobre o pelo dos animais em questão, porém o processo de seleção natural tem uma ação determinante, por exemplo, nos indivíduos portadores de pelos mais longos no decorrer das gerações. Como estamos vendo, Darwin considera a ação do uso e desuso de forma integrada à ação da seleção natural. O filósofo da biologia, Gustavo Caponi (2014) atribui as dificuldades dos estudantes em compreenderem a teoria da seleção natural a uma falta de clareza na diferenciação entre os *conceitos de adaptação fisiológica e adaptação evolutiva*. Para distingui-las ele utiliza alguns exemplos, como o citado a seguir:

a capacidade que nossos músculos possuem de crescer quando são regularmente exercitados, talvez possa ser considerada uma adaptação evolutiva. Esta talvez seja um produto da seleção natural. Porém, o crescimento de alguns dos nossos músculos como resposta a um esforço repetido é uma adaptação fisiológica; e são também adaptações fisiológicas tanto a hipertrofia do coração de um atleta, como o aumento dos batimentos cardíacos produzidos como resposta a um aumento pontual da atividade física. (CAPONI, 2014 p.192 tradução nossa)

De acordo com Caponi (2014), os alunos cometem o mesmo erro que os neolamarckistas de pensar a *adaptação evolutiva* tendo como referência a *adaptação fisiológica*. Caponi destaca que a adaptação para Darwin, ou a adaptação evolutiva, é um fenômeno populacional difundido pela seleção natural. Darwin (1985) aplica este conceito no seguinte exemplo sobre os besouros da Ilha Madeira:

das 550 espécies de besouros existentes na Ilha de Madeira, 200 são dotadas de asas tão precárias que seus donos não podem voar. E dos 29 gêneros endêmicos que aí existem, não menos de 23 têm todas as suas espécies nesta condição! Para uma explicação dessa ocorrência, diversos fatos teriam de ser considerados em diversas partes do mundo, os besouros são frequentemente arrastados pelos ventos em direção ao mar, onde veem a perecer; os besouros da Madeira, conforme observou Wollaston, costumam ficar escondidos até que o vento cesse e o sol volte a bilhar; neste arquipélago, a proporção de besouros desprovidos de asas é muito maior no grupo das Desertas, que estão mais expostas aos ventos, do que na Ilha da Madeira propriamente dita; (p. 133)

Ainda neste capítulo encontramos também uma seção dedicada ao que Darwin chama de *Aclimação* (DARWIN, 1985). Como veremos a seguir, Darwin procura nos fenômenos naturais, possíveis fontes para a variação intra-específica, variação entre indivíduos de uma mesma espécie, que pudesse ser fonte sobre a qual a seleção natural agiria. A aclimação seria uma dessas fontes:

No que se refere à aclimação das espécies, trata-se de uma questão ainda muito obscura a de se seria devida ao mero hábito, ou à seleção natural, que faria sobreviver apenas algumas das variedades possuidoras de diferentes constituições inatas. Pode ser que se deva à ação conjunta desses dois fatores; neste caso, qual o grau de importância de cada um? Que o hábito ou costume tenha alguma influência, acredito-o (...). Por outro lado, não vejo razão para duvidar de que a seleção natural tenda continuamente a preservar os indivíduos nascidos com organismos adaptados às suas regiões nativas. Nos tratados sobre diversos tipos de plantas cultivadas, vê-se que determinadas variedades são capazes de suportar certos climas melhor do que outras. (p. 138)

Esses são alguns exemplos presentes em *Origem* (DARWIN, 1985) onde o autor concorda que o uso e desuso possa ocorrer e influenciar na produção de variações individuais dentro das espécies, na natureza, e, portanto, servir de fonte de variação sobre a qual a seleção natural pode operar tanto para produzir novas espécies quanto para produzir estruturas e comportamentos adaptados ao entorno ambiental.

A partir de agora, passaremos a tratar do conceito centralizador de *Origem* (DARWIN, 1985). Darwin dá o nome de “Seleção Natural” ao capítulo IV, embora o conceito apareça explicitamente desde o primeiro capítulo, quando ele começa a apresentar evidências de que a seleção artificial de animais e plantas domésticos pode ser um modelo análogo útil para compreender as espécies na natureza e suas adaptações ao ambiente em que vivem. Já na introdução, Darwin explicita a importância do conceito de seleção natural para o seu argumento:

Como de cada espécie nascem muito mais indivíduos do que o número capaz de sobreviver, e como, conseqüentemente ocorre uma frequente retomada da luta pela existência, segue-se daí que qualquer ser que sofra uma variação, mínima que seja, capaz de lhe conferir alguma vantagem sobre os demais, dentro das complexas e eventualmente variáveis condições de vida, terá maior condição de sobreviver, tirando proveito da *seleção natural*. (p. 39)

Mas como dissemos, é no capítulo IV, que Darwin mais expõe mais sistematicamente sua teoria da descendência com modificação submetida ao crivo da seleção natural:

podemos estar certos de que qualquer variação que se mostre nociva, por menor que seja, acarretaria inflexivelmente a destruição do indivíduo. É a essa preservação das variações favoráveis e eliminação das variações nocivas que dou o nome de *Seleção Natural*. Quanto as variações que não são vantajosas nem nocivas, essas não serão afetadas pela seleção natural, permanecendo como uma característica oscilante, tais como as que talvez se possam verificar nas espécies denominadas polimorfias. (p. 94)

Darwin (1985) descreve as condições necessárias para que a seleção possa agir, como o tempo, sendo este também um fator que dificulta nossa observação do processo, uma vez que a evolução ocorre lentamente ao longo de um período muito longo, geológico e intergeracional. Além disso, é preciso que as características variáveis sejam herdáveis e que exista competição entre os indivíduos da população (o capítulo III de *Origem* foi intitulado *A luta pela existência*):

Ora, a seleção natural não pode agir senão quando ocorrem variações proveitosas. Não que seja necessário soma assaz considerável de variabilidade – não acredito nisso. Da mesma maneira que o homem pode certamente obter resultados notáveis dirigindo meras diferenças individuais num determinado sentido, também a natureza pode agir assim, e com muito maior facilidade, uma vez que dispõe de tempo incomparavelmente maior. Também não acredito que qualquer mudança física considerável, como a do clima, por exemplo, ou algum tipo de isolamento que impeça efetivamente a imigração, seja efetivamente necessária para o surgimento de lacunas a serem preenchidas pela seleção natural, através da modificação e aperfeiçoamento de alguns dos seus habitantes suscetíveis de variação. Uma vez que todos os habitantes de uma região estão lutando entre si dentro de um jogo de forças muito bem equilibradas, modificações mínimas na estrutura ou nos hábitos de um desses habitantes quiçá lhe propiciem alguma vantagem sobre os demais; nesse caso, se a modificação aumentar, ou outras do mesmo tipo surgirem, a vantagem possivelmente se tornará maior. (p. 95)

No transcorrer do capítulo, Darwin (1859) se preocupa em esclarecer também as diferenças entre a seleção natural e a seleção realizada pelo ser humano, apontando a eficiente abrangência do mecanismo da natureza, em selecionar características desde as mais evidentes aos nossos olhos até as minúcias dos seres vivos:

Se o homem é capaz de obter – como efetivamente tem obtido – consideráveis resultados através de seus processos metódicos, ainda que aleatórios, de seleção, que não poderia a natureza realizar nesse campo? O homem pode agir apenas sobre os caracteres externos e visíveis, enquanto que a natureza não cuida das aparências, salvo naqueles aspectos que se possam revelar úteis a cada ser vivo. Ela pode agir sobre qualquer órgão interno, modificando qualquer característica estrutural, por mais insignificante que seja, do complexo mecanismo vital do indivíduo. A seleção dirigida pelo homem visa apenas seu próprio bem; a da natureza se volta exclusivamente para o bem do indivíduo modificado. Cada característica selecionada por ela é antes completamente testada, e o indivíduo se desenvolve em condições de vida adequada à sua estrutura. Já o homem cria, na mesma região, espécimes originários de diversos climas; raramente desenvolve, de maneira voltada para o interesse da espécie, as características por ele selecionadas; alimenta de maneira idêntica pombos de bico curto e de bico comprido; não exercita os quadrúpedes de dorso comprido ou de pernas longas de algum modo particular; cria no mesmo clima ovinos dotados de muita ou pouca lã. [...]

Sob o comando da natureza, a menor diferença de estrutura ou de constituição pode efetivamente afetar o maravilhoso equilíbrio natural da luta pela vida, e provocar assim a sua preservação. Fugazes são os desejos e esforços do homem, e curto é seu tempo – e como! Daí a pequenez de sua obra de seleção, comparada com a que pode ser acumulada pela natureza durante períodos geológicos inteiros. Seria de se admirar, portanto, de que as obras da natureza fossem mais “genuínas” que as humanas? Ou que fossem mais bem adaptadas às mais complexas condições de vida, ostentando claramente a marca de um acabamento indubitavelmente superior? (p. 96)

Assim, em sala de aula, o professor pode utilizar esses textos para mostrar que o processo de evolução sob o mecanismo da seleção natural não é um processo que ocorre a indivíduos, como nos casos de Lamarck e Haeckel, mas a populações. Os indivíduos são importantes por que eles portam características que não são iguais a dos outros indivíduos da mesma espécie. É fácil para o aluno perceber que as populações biológicas são variáveis, se partimos da própria espécie humana. Todos temos consciência de que somos indivíduos únicos, diferentes de nossos parentes, amigos, etc., física e comportamentalmente. Na natureza acontece o mesmo: há uma variação espontânea entre os indivíduos. Darwin destaca as diversas características que podem interferir na

sobrevivência dos seres vivos, ou seja, as virtualmente infinitas fontes da seleção natural. Aqui, um exemplo específico, referente ao bico dos pombos:

Ora, se a natureza tivesse de encurtar o bico de um pombo, visando o proveito da ave quando adulta, essa modificação seria feita muito lentamente, ao mesmo tempo em que se faria uma seleção rigorosa dos filhotes prestes a nascer; os de bico mais fortes e mais duros sobreviveriam, enquanto que os de bicos mais fracos pereceriam inevitavelmente. Ou então a natureza poderia selecionar ovos de cascas mais delgadas e frágeis, porquanto a espessura e resistência da casca do ovo constitui uma estrutura como outra qualquer, estando sujeita igualmente às variações que afetam as demais estruturas. (p. 100)

Transcrevemos a seguir o exemplo clássico de seleção natural, ressaltando que dada a impossibilidade de observar a evolução ocorrendo na natureza, devido à natureza intergeracional do processo, Darwin recorre a um exemplo inventado, mas bastante plausível:

Tomemos o caso de um lobo que ataque e mate diversos animais; uns, usando de astúcia; outros, de força, outro mais, de agilidade. Suponhamos que sua presa mais veloz – por exemplo, o cervo – se houvesse multiplicado bastante em seu habitat, em virtude de alguma alteração local. Ou então que as outras presas houvessem virtualmente desaparecido durante a estação do ano em que os lobos mais penam para conseguir alimentos. Dentro de tais circunstâncias, não vejo razão para duvidar de que os lobos mais ágeis e velozes não teriam mais oportunidade de sobreviver, sendo assim preservados e selecionados – desde que sempre lhes tivesse sobrado força suficiente para capturar sua presa, fosse naquela ocasião, fosse em qualquer outra, quando talvez pudessem ser compelidos a capturar outras presas. Não vejo como duvidar disso, assim como não vejo qualquer problema em acreditar que o homem possa melhorar a agilidade de seus galgos, através da seleção cuidadosa e metódica, ou da seleção aleatória que resulta do fato de todo mundo querer preservar seus melhores cães, ainda que sem a intenção efetiva de modificar-lhes a raça. (p.102)

Mais uma vez, o professor pode ressaltar a importância de se pensar a evolução de maneira populacional. São os lobos mais ágeis e velozes, não um indivíduo ou indivíduos isolados, que deixam prole, mais ágil e veloz, para as gerações seguintes. São características bem-sucedidas em um determinado ambiente que prosperam aos poucos naquelas circunstâncias. Darwin enfatiza a necessidade da hereditariedade no processo de transformação ao longo do tempo, pois se as características que variam em uma população não forem herdadas, não haveria como a seleção natural modelá-las ao longo do tempo.

Ainda no capítulo IV (DARWIN, 1985), na seção *Circunstâncias Favoráveis à Seleção Natural* Darwin apresenta de uma forma organizada os diversos aspectos que favorecem a ação da seleção natural.

Um alto grau de variabilidade hereditária e diversificada é favorável à atuação da seleção natural, mas acredito que, para que tal se dê, sejam suficientes as meras diferenças individuais. Um grande número de indivíduos, propiciando maior probabilidade para o surgimento de variações proveitosas num determinado espaço de tempo, compensará um menor grau de variabilidade individual, constituindo, segundo meu modo de pensar, um fator extremamente importante para o sucesso dessa atuação. Embora a natureza dispense longos períodos tempo para o trabalho da seleção natural, esse tempo não é indefinido, pois como todos os seres vivos estão lutando, por assim dizer, para se apoderar de cada lugar na economia da natureza, se alguma espécie não se tornar modificada e não alcançar a um grau de aperfeiçoamento correspondente ao dos seus competidores, ela logo será exterminada. (p. 109)

O professor em sala de aula, que adote a metodologia de Jensen e Finley (1997) que estamos tentando desenvolver aqui, pode discutir e aprofundar mais a ideia do tempo necessário para a evolução ocorrer. Talvez, da mesma forma que a concepção da evolução como processo populacional e não individual, também é um entrave para os alunos a compreensão de que o processo evolutivo ocorre ao longo de um tempo inimaginavelmente mais longo do que o tempo de vida de uma pessoa, e mesmo que o tempo histórico humano. Por isso recorrer a analogia da seleção artificial desenvolvida pelo ser humano pode ser mais concreto para o aluno, considerando, claro, que Darwin recorre a ela em diversos momentos do capítulo IV e do livro como um todo:

Quando a seleção metódica empreendida pelo homem, o criador escolhe aquilo que quer preservar, tendo em vista objetivos bem definidos, e o livre entrecruzamento poderá pôr a perder todo seu trabalho. Mas quando diversas pessoas, mesmo sem intenção de alterar uma determinada raça, têm em mente um padrão quase comum de perfeição, com todos tentando possuir e fazendo procriar os melhores exemplares, diversas alterações e melhoramentos hão de redundar, certamente, embora de maneira lenta, desse processo inconsciente de seleção a despeito dos numerosos cruzamentos que ocorrerão entre os indivíduos de qualidade superior e inferior. O mesmo se verifica na natureza: dentro de uma área restrita cujo potencial de ocupação ainda apresente lacunas por preencher, a seleção natural sempre tenderia a preservar todos os indivíduos que estivessem adquirindo variações numa determinada direção, ainda que em graus diferentes, a fim de ocupar os lugares vagos de maneira mais efetiva. Mas se a área for extensa, suas diversas regiões quase certamente apresentarão diferentes

condições de vida; assim sendo, se a seleção natural modificar e aperfeiçoar uma espécie existente em diversas regiões, irá ocorrer o cruzamento entre os indivíduos daquela espécie nos trechos limítrofes entre essas regiões. (p. 110)

Neste modelo em que a seleção artificial é a base para compreender a seleção natural, o processo de reprodução dos seres vivos, de cruzamento entre indivíduos diferentes de uma mesma espécie, para gerar uma prole, é um fator essencial:

O cruzamento desempenha importantíssimo papel na natureza, uma vez que se conserva, uniformes e genuínos, os caracteres dos indivíduos da mesma espécie ou da mesma variedade. Sua ação será obviamente mais efetiva no que se refere aos animais que necessariamente copulam para procriar; todavia, segundo tentei demonstrar, temo razões para acreditar que ocorram cruzamentos ocasionais entre todos os animais e todas as plantas. (p. 111)

Os cruzamentos têm uma função dupla nesse processo. Explicando também por uma analogia: os filhos possuem características semelhantes à dos pais, mas também possuem características que não são semelhantes à deles. Como todos os indivíduos humanos (e todos os indivíduos de outras espécies biológicas) possuem muitas características, muitas dessas são semelhantes à dos progenitores, mas outras tantas não. Por isso, como já foi aludido anteriormente, Darwin concebeu esse fenômeno como um processo de “descendência com modificações”, descendência submetida a uma luta pela existência em relação aos poucos recursos, implicando uma seleção natural dos indivíduos que possuem variações favorecidas pelo ambiente. Darwin está se referindo a espécies que se reproduzem sexuadamente. Em uma passagem anterior ele tinha dito que acreditava que todas as espécies empregavam pelo menos ocasionalmente o sexo como mecanismo de reprodução. Ele reforça essa posição, argumentando a favor da importância da variabilidade que os cruzamentos proporcionam, e que são fontes para a seleção natural:

Se de fato existem seres organizados que jamais se cruzam, a uniformidade de seus caracteres seria preservada, na medida em que não se alterarem suas condições de vida, devido ao princípio de hereditariedade e ao fato de que a seleção natural destruirá qualquer descendente que se afaste do tipo normal. Todavia, se suas condições de vida se alterarem e eles começarem a sofrer modificações, a uniformidade dos caracteres passará a vigorar apenas para os descendentes modificados, pelo simples fato de que a seleção natural irá preservar apenas as mesmas variações favoráveis aos indivíduos. (p. 111)

Darwin salienta que a seleção natural pode ser mais nitidamente observada na formação de novas espécies nos casos em que a espécie ou espécies, estejam isoladas por fatores climáticos, geográficos, comportamentais. Nessas situações a ausência de imigração e o tamanho da área serão fatores determinantes para que as espécies que ali vivem possam ser aperfeiçoadas e eventualmente se transformarem em outras espécies:

O isolamento, por fim, uma vez que impede a imigração e a consequente competição, fornecerá ocasião e tempo para que uma variedade nova possa ser lentamente aperfeiçoada, e isso eventualmente poderia ser importante para a formação de uma nova espécie. Entretanto, se uma área isolada for muito pequena, seja por possuir barreiras que a circundem, sejam pelas condições físicas muito peculiares que ali existam, o número total de indivíduos que ela pode sustentar há de ser necessariamente muito pequeno, e isso retardará grandemente a produção de novas espécies através da seleção natural, já que se reduzem as probabilidades do surgimento de variações favoráveis entre seus moradores. (p. 111)

Como apontado por alguns autores (AMORIM; LEYSER, 2009; OLEQUES, 2014), Darwin é um pouco contraditório nesse ponto (e o professor poderia mostrar para os alunos como mesmo um pensador desse quilate pode incorrer em formas de raciocínio confusas). Ele afirma que mesmo que as áreas isoladas possam ser exemplos onde a seleção natural seja mais evidente, quanto mais extenso o território onde vivem as populações, maior vantagem haverá para a produção de diversidade:

Embora eu não duvide de que o isolamento seja importantíssimo para a produção de novas espécies, no cômputo geral estou inclinado a acreditar que a vastidão da área seja de maior importância, especialmente no que se refere à produção espécies capazes de perdurar por longos períodos de tempo e de se espalhar por diversas regiões. Dentro de uma ampla e aberta, não só haverá maior probidade de que surjam variações favoráveis, dado o grande número de indivíduos de cada espécie ali existente, como também as condições de vida são infinitamente mais complexas. [...]

Concluindo, podemos dizer que as pequenas áreas isoladas, embora sob determinados pontos de vista possam ter sido altamente favoráveis à formação de novas espécies mesmo assim o curso das modificações, de modo geral, deve ter sido mais rápido nas áreas extensas, e, o que é ainda mais importante, as novas formas produzidas nessas áreas extensas uma vez que já tenham sobrepujado numerosos competidores, serão as que irão apresentar maior dispersão, as que irão produzir a maioria das novas variedades e espécies, e as que irão desempenhar papel mais importante na história evolutiva do mundo orgânico. (p. 112)

Um ponto importante para compreender o modelo proposto por Darwin é o que ele chama de “divergências de caracteres” dentro das espécies. Ele defende que as variedades podem ser vistas como espécies em formação, já que estas pequenas diferenças se acumuladas ao longo do tempo podem gerar as diferenças que marcam as espécies. Ao contrário das concepções de Lamarck e Haeckel, em que a ação direta do ambiente, e sobretudo do clima, exerciam o poder de mudar os indivíduos, em Darwin o acaso é o fator produtor deste tipo dessas pequenas diferenças, variações aparentemente sem sentido. Porém Darwin não estava seguro que o acaso é suficiente para gerar a quantidade de variações dentro das espécies de modo a servir de fonte para a seleção natural. Por isso Darwin, segundo Caponi (2014), busca toda e qualquer fonte possível capaz de gerar variações como o uso e desuso, e a herança de características adquiridas. Para Darwin, quanto maior a quantidade de variação em uma espécie maior será a probabilidade que esse grupo terá de ser “visto” pela seleção natural:

Tomemos o exemplo de um carnívoro quadrúpede, cujo número máximo capaz de sobreviver num determinado lugar já tenha sido alcançado há bastante tempo. Se houver possibilidade de que sua capacidade natural de multiplicação seja acionada, sem que a região tenha sofrido qualquer alteração ambiental, mas simplesmente em função das variações sofridas pelos descendentes, permitindo-lhes apoderar-se de vagas presentemente ocupadas por outros animais, seu número certamente há de aumentar. Alguns dos descendentes poderiam, por exemplo, devorar outros tipos de presas, vivas ou mortas. Outros poderiam ocupar novos habitats, aprendendo a viver nas árvores ou a caçar na água. E outros talvez pudessem tornar-se menos carnívoros. Quando mais diversificados se tornarem os hábitos e a estrutura dos descendentes, maior o número dos descendentes, maior número de lugares lhes será permitido ocupar. O que vale para um, vale para todos, e deve ter valido através dos tempos – desde que haja variações, pois de outro modo a seleção natural não poderia ter agido. (p. 116)

O professor interessado nessa metodologia pode encontrar muitos outros exemplos do raciocínio evolutivo de Darwin, que usa tanto conceitos populacionais como conceitos sobre o tempo, que são muito diversos dos de Lamarck, de Haeckel e dos próprios alunos que foram investigados (BIZZO, 1991; JENSEN; FINLEY, 1997; MEYER; EL-HANI, 2005). Ao final do capítulo IV, Darwin faz uma síntese de suas ideias sobre sua teoria da evolução por seleção natural, que também pode ser utilizada pelo professor não só para mostrar a originalidade do

pensamento desse naturalista, mas também para tentar persuadir o aluno a pensar de maneira análoga, abandonando suas concepções prévias mais similares as de Lamarck e Haeckel, sobre o mundo das espécies biológicas:

Considerando-se que, durante o longo curso dos tempos e sob variáveis condições de vida, os seres vivos modificam tanto diversas partes de seu organismo – e acho que isso é incontestável; considerando-se que, devido à alta tendência de crescimento geométrico do número de espécies, ocorre uma renhida luta pela sobrevivência, especialmente em determinada idade, ou determinada estação, ou determinados anos – e isso também certamente não tem contestação; conseqüentemente, dada a infinita complexidade das inter-relações dos seres vivos entre si e de cada um deles com suas condições de existência, acarretando uma diversidade infinita quanto a seus hábitos, estruturas e constituições internas, diversidade esta que lhes é proveitosa, penso que seria mesmo extraordinário se jamais houvesse ocorrido alguma variação útil exclusivamente para o bem-estar do ser, da mesma maneira que ocorreram tantas variações úteis aos propósitos do homem. Mas se de fato ocorrem variações úteis a qualquer ser vivo, seguramente os indivíduos dotados delas terão maior probabilidade de ser preservados na luta pela existência; e em virtude do forte princípio de hereditariedade, eles tenderão a produzir descendentes dotados daquelas mesmas características. Foi a esse princípio de preservação que, para ser conciso, dei o nome de Seleção Natural. Dentro do princípio de que as qualidades seriam herdadas em determinadas fase da existência do ser a seleção natural pode modificar o ovo, a semente, o filhote, ou mesmo o ser em idade adulta. [...]

A seleção natural leva ainda à divergência dos caracteres, pois quanto maior o número de seres vivos que uma área pode comportar, maior será a divergência que apresentarão com referência à estrutura, aos hábitos e à constituição. Pode-se comprová-lo observando-se os habitantes de uma área isolada ou as produções aclimatadas numa determinada região. Por conseguinte, durante a luta incessante de todas as espécies no sentido de aumentar o número dos seus indivíduos, quanto mais diversificados se tornam os descendentes, maiores serão suas probabilidades de vitória na batalha pela sobrevivência. Assim, as pequenas diferenças que distinguem as variedades de uma espécie tenderão rapidamente a aumentar, até o ponto de se igualarem às diferenças maiores que caracterizam as espécies do mesmo gênero, ou até mesmo os gêneros distintos. (p. 126-127)

Embora não estejamos trabalhando aqui na perspectiva de abranger todas as subteorias que segundo Mayr (1998) compõem o argumento de Darwin, seria interessante que o professor tivesse consciência da complexidade da Teoria da Evolução de Darwin, e que as diferenças conceituais de Lamarck, Haeckel e Darwin implicam em diferentes modos de compreender a evolução. Para Mayr (1998) as subteorias que compõem a teoria da evolução: 1) A Teoria da Evolução como Fato - a ideia científica, atestada pelos fósseis, de que as espécies de seres vivos

se modificaram efetivamente com o passar do tempo geológico; 2) A Teoria da Evolução Gradual - a ideia de que o processo de transformação das espécies é lento, gradual e que os processos que atuavam no passado são os que continuam atuando hoje; 3) A Teoria da Origem Comum - a ideia, amplamente confirmada hoje, de que quaisquer espécies compartilham ancestrais; a concepção de que os indivíduos, mesmo de espécies muito distintas, possuem uma relação de parentesco; 4) A Teoria da Especiação Populacional - a ideia de que certas populações de uma espécie podem se transformar em populações de uma espécie nova; 5) A Teoria da Seleção Natural - teoria sobre os mecanismos que estão envolvidos nas transformações das espécies, a partir das taxas de sobrevivência diferenciadas em função das variações entre os indivíduos da população em um dado ambiente (MAYR, 1998). Lamarck e Haeckel apresentam sistemas muito diferentes como acreditamos ter mostrado ao longo desse trabalho. Porém, um fato importante a ser considerado pelo professor a essa altura é que esses autores afirmam que o ser humano, a espécie humana, também é resultante desse processo. Para Darwin, a subteoria da origem comum, que compõe o quadro da evolução ao longo do tempo geológico, é uma consequência do trabalho da seleção natural sobre essas pequenas variações que existem entre indivíduos da mesma espécie:

As afinidades existentes entre todos os seres de uma única classe por vezes têm sido representadas na figura de uma árvore gigantesca, que me parece simbolizar muito bem esse fato. Os ramos verdes em desenvolvimento podem representar as espécies existentes, enquanto que os produzidos nos anos precedentes podem representar a longa sucessão das espécies extintas. [...] Assim como os gomos crescem e dão origem a outros gomos, os quais, se forem vigorosos, se ramificam e se espalham por todos os lados, sobrepujando os ramos menos vigorosos, acredito que, através de sucessivas gerações, o mesmo tenha ocorrido com a grande Árvore da Vida, que se eleva acima dos seus galhos e ramos caídos sobre a crosta da Terra, lançando sobre ela a sombra de suas belas ramificações que continuam se expandindo incessantemente. (p. 128)

Estamos defendendo que a metodologia de Jensen e Finley (1997) pode ser beneficiada se os professores terem esses pontos esclarecidos, podendo assim, reconhecer as dificuldades dos alunos e utilizar os textos como uma ferramenta para suas aulas de evolução biológica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para concluir nosso trabalho, faremos uma breve discussão sobre a centralidade do conceito de adaptação entre neolamarckistas e os adeptos da teoria da seleção natural.

Os trechos selecionados nesta proposta didática teórica devem ser entendidos como possibilidades para se trabalhar alguns dos principais conceitos da evolução biológica em sala de aula, seguindo a perspectiva da mudança conceitual, a partir de uma contextualização histórica das ciências, tendo como referência as experiências desenvolvidas por Jensen e Finley (1995; 1997). No âmbito dos estudos no campo de ensino de ciências podemos encontrar um grupo focado nos estudos da história das ciências como uma alternativa às dificuldades encontradas por estudantes e professores (ALMEIDA; FALCÃO, 2005; EL-HANI; BIZZO, 2002; GOEDERT; DELIZOICOV; ROSA, 2003; OLEQUES, 2014; SANTOS, 2002). Dentre esses autores Goedert e col. (2003) afirmam que apesar dos diversos estudos, poucas intervenções a partir desses pressupostos são realizadas efetivamente.

Discutindo as dificuldades de compreender os conceitos evolutivos da teoria darwiniana, Caponi (2014) afirma que a falta de discernimento entre os conceitos de adaptação fisiológica e adaptação evolutiva é o principal obstáculo epistemológico enfrentado por estudantes e professores (p. 193). Este é o motivo pelo qual frequentemente pode-se observar que os alunos apresentam ideias neolamarckistas, pois segundo Caponi este equívoco envolve aspectos importantes que impedem que se compreenda a evolução biológica em termos de um processo que ocorre no nível do populacional.

O conceito de adaptação por vezes é utilizado de maneira óbvia, como um hábito que se estabelece nos indivíduos. Caponi defende que a leitura adaptacionista de Lamarck é um erro, e podemos verificar, pelo menos trechos colocados aqui no nosso trabalho, que Lamarck realmente não usa o conceito de adaptação nas suas explicações. A girafa não estica o pescoço para se adaptar ao ambiente. Mas o hábito de esticar o pescoço para se alimentar faria com que a girafa o alongasse ao longo das gerações. Caponi indica que o primeiro naturalista que usa explicitamente o conceito de adaptação no contexto que estamos discutindo é o neolamarckista inglês Herbert Spencer. Nós não trabalhamos com esse autor aqui, mas o professor em sala de aula, se assim o desejar, pode também utilizar os textos de Spencer que lidam com a evolução biológica.

Assim, Caponi (2014) chama de neolamarckistas os naturalistas que acreditam na adaptação evolutiva como consequência da adaptação fisiológica individual, ou seja, certos naturalistas do século XIX: os exemplos mais conhecidos são Spencer e Haeckel. Como já assinalado também muitos estudantes recém-chegados no ensino superior exibem essa concepção, como argumentado por Caponi (2014). Para os naturalistas apontados e esses alunos, a adaptação evolutiva ocorreria através do acúmulo de adaptações fisiológicas nos indivíduos, sendo que tais adaptações fisiológicas seriam transmitidas às gerações seguintes. Esse modo de pensar é evidente nos trechos selecionados de Haeckel e Lamarck e confrontados com as ideias apresentadas por Darwin sobre a seleção natural. Darwin, como vimos, também faz certo uso de um pensamento em que a adaptação fisiológica pode levar a uma adaptação evolutiva. Mas isso se deve, como também aponta Caponi (2014) ao fato de que Darwin procura validar qualquer fonte possível de variação sobre a qual a seleção natural poderia operar. Como desejamos ter argumentado, a seleção natural, de longe, em Darwin, é um conceito muito mais importante e relevante do que o processo de uso/desuso associado à herança de características adquiridas. Todavia, o fato histórico de que Darwin também ter se apropriado da teoria atribuída a Lamarck (uso ou desuso de uma estrutura ou comportamento, seguido de seu desenvolvimento ou atrofia fisiológica, e conseqüentemente da transmissão dessa característica para as gerações seguintes), pode também ser usada pelo professor como evidência que mesmo os mais destacados autores, seja na ciência, ou em outros campos do conhecimento humano, estão sujeitos a terem concepções que ao longo do tempo se demonstraram falsas, destacando que a ciência não busca estabelecer uma verdade definitiva para os fenômenos observados na natureza, mas um conjunto de conhecimentos em construção e sujeitos a modificações.

Neste sentido, Caponi afirma a importância de compreender a diferença entre as adaptações fisiológicas (que ocorrem no nível indivíduo) e evolutivas (que ocorrem no nível das populações), e que, o processo da adaptação evolutiva a partir da fisiológica a rigor é impossível. A consciência dessa diferença por parte dos alunos é fundamental para uma compreensão da teoria da evolução (p.193).

Caponi (2014) destaca que para compreender o conceito de seleção natural é preciso pensar nas adaptações em termos populacionais. Na adaptação de Darwin, este fenômeno modifica os perfis das populações e não a dos organismos individualmente. Assim, o termo “adaptação” na biologia evolutiva difere do que encontramos em outras áreas da própria biologia,

onde podemos nos referir à adaptação como os ajustes fisiológicos de curto prazo possibilitados pela plasticidade fenotípica individual.

Embora a potencialidade individual de se ajustar a determinadas situações específica não possa ser compreendida com uma adaptação evolutiva, a existência dessa plasticidade em si deve ser interpretada como tal. A série complexa de modificações fisiológicas necessárias para que uma girafa consiga alcançar os galhos mais altos de uma árvore deve ser considerada como uma adaptação fisiológica. Já a *capacidade* de todos ou vários membros desse grupo de poderem esticar o pescoço é (ou pode ser) uma adaptação evolutiva. As modificações específicas que ocorrem nos indivíduos, como por exemplo a formação de calos quando a pele é exposta a força do atrito constantemente, é uma adaptação fisiológica. A *capacidade* dos tecidos de reagirem ao atrito dessa maneira, compartilhada por inúmeros indivíduos de uma espécie, é uma adaptação evolutiva.

O outro conceito abordado pelos textos apresentados é o mecanismo pelo qual os neolamarckistas explicam a maneira como as modificações são compartilhadas por determinado grupo, ou espécie: a herança de características adquiridas. O conceito de herança de características adquiridas é frequentemente visto como um entrave na compreensão da seleção natural, porém a interpretação equivocada dos conceitos evolutivos vai muito além deste ponto. Já vimos que Darwin também considera este mecanismo, sendo este mais um ponto em que o professor pode trabalhar a ideia dos mecanismos que geram a variação dentro de uma espécie, o fenômeno da variação se faz necessário para a ação da seleção natural. Mas para isso é necessário o compreender que a adaptação fisiológica não é a fonte da inovação evolutiva, como fica claro no último parágrafo do artigo de Gustavo Caponi:

A Teoria da Seleção Natural é necessária, entre outras coisas, porque as modificações que as condições ambientais podem produzir ou exigir de um organismo individualmente nunca explicariam os diversos recursos pelos quais as orquídeas atraem seus polinizadores, ou a adequação aos diferentes tipos de alimento de cada espécie de tentilhão de Galápagos. Ou seja: se chega a Teoria da Seleção Natural quando a impotência dada perspectiva organismica para resolver o enigma das inovações adaptativas nos empurra para uma perspectiva populacional na qual Darwin se situou. Esse é o impulso que os estudantes devem dar para superar seu recorrente e espontâneo neolamarckismo. Eles devem saltar da Biologia do organismo para a Biologia de população e linhagem. Mas se o docente não tem esta clareza o salto nunca será dado. (CAPONI, 2014, p 197 tradução nossa)

Por fim, esperamos que a elaboração das atividades das leituras indicadas no corpo desta dissertação possa contribuir para a melhor compreensão do pensamento evolutivo e epistemológico da ciência. Procuramos apresentar textos históricos de uma forma não meramente ilustrativa, como costuma ocorrer nos livros didáticos de Biologia, mas tentando deixar claro a função de determinados conceitos (uso e desuso, herança de características adquiridas, adaptação, seleção natural) em certos sistemas conceituais (de Lamarck, de Haeckel e de Darwin). O próximo passo deve ser a aplicação deste material em sala de aula, de preferência por um professor que tendo lido este trabalho, se interessasse em usá-lo em suas aulas aprofundando suas próprias leituras. Naturalmente o uso dessa metodologia trará inúmeras dificuldades, muitas delas inerentes a um trabalho meramente teórico, outras devido à natureza problematizadora da própria metodologia, que busca o choque entre as concepções discentes e as concepções consensuais entre os cientistas, com vistas a aproximar os alunos das explicações mais sólidas que o conhecimento humano dispõe.

6. Referências Bibliográficas

- ABRANTES, P.; ALMEIDA, F. DE. Criacionismo e darwinismo confrontam-se nos tribunais... da razão e do direito. **Episteme**, v. 11, n. 24, p. 357–402, 2006.
- ALMEIDA, A. V. DE; FALCÃO, J. T. DA R. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, n. 1, p. 17–32, 2005.
- AMORIM, M. C.; LEYSER, V. A Evolução biológica e seu ensino nos encontros nacionais de pesquisa em educação em ciências (ENPEC). **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, Florianópolis: ABRAPEC, 2009.
- BISHOP, B. A.; ANDERSON, C. W. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. **Journal of research in science teaching**, v. 27, n. 5, p. 415–427, 1990.
- BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 494f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- BRASIL, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP). **Censo da Educação Superior Brasileira 2007**. Resumo Técnico. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/download/superior/censo/2007/Resumo_tecnico_2007.pdf>
- BROWNE, J. **A origem das espécies, de Charles Darwin**. 2008.
- CAPONI, G. Contra el Neolamarckismo Escolar La Representación Fisiológica de la Adaptación como Obstáculo Epistemológico para la Comprensión de la Teoría de la Selección Natural. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 2, 2014.
- CARNEIRO, A. P. N. **A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados**. 137f. Tese (Mestrado) Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- CICILLINI, G. A. **A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do ensino médio: a teoria da evolução como exemplo**. 283f. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- DARWIN, C. **A origem das espécies** [1859]. Trad. E. Amado. São Paulo: Itatiaia, 1985.
- EL-HANI, C.; BIZZO, N. Formas de construtivismo: Mudança Conceitual e Construtivismo Contextual. Ensaio **Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 4, n. 1, 2002.
- FERREIRA, M. S.; SELLES, S. E. Análise de livros didáticos em Ciências: entre as ciências de referência e as finalidades sociais da escolarização. **Educação em Foco**, Juiz de Fora, v. 8, n. I e II, p. 63-78, 2004.
- FRIGOTTO, G. **Educação e crise do trabalho: perspectivas do final do século**. Vozes, 2002.

FUTUYMA, D. J. **Evolução, ciência e sociedade**. São Paulo: Editor da Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

GAGLIARDI, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. **Enseñanza de las ciencias**, v.4, n.1, p.30-35, 1986.

GILGE, M. V. **História da Biologia e ensino: contribuições de Ernst Haeckel (1834-1919) e sua utilização nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2012-Ensino Médio**. 106f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

GOEDERT, L. **A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica**. 122f. Tese (Mestrado) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

GOEDERT, L.; DELIZOICOV, N. C.; ROSA, V. A formação de professores de Biologia e a prática docente: O ensino de evolução. **Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Bauru: ABRAPEC, 2003.

GOODSON, I. F. **A construção social do currículo**. 1997. Lisboa: EDUCA, 1997

HAECKEL, E. **História da Creação dos seres organizados segundo as leis naturais**. O Porto: Livraria Chandron, 1911.

JENSEN, M. S.; FINLEY, F. N. Teaching evolution using a historically rich curriculum & paired problem solving instructional strategy. **The American Biology Teacher**, p. 208–212, 1997.

JENSEN, M. S.; FINLEY, F. N. Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. **Science Education**, n. 79 (2), p. 147–166, 1995.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 4ª ed. 2004.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85–93, 2000.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1975.

LAMARCK, J.-B. DE M. DE. **Filosofia zoológica**. Barcelona: Alta Fulla, 1986.

LAMARCK, J.-B. DE M. DE. **Zoological Philosophy**. Chicago: The University of Chicago Press, 1984.

LOMBARDI, O. I. La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: argumentos y contraargumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, p. 343–349, 1997.

LORENZ, M.; BARRA, V. M. Produção de Materiais Didáticos de Ciências no Brasil, Período 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, 1986.

MARANDINO, M. **Tendências Pedagógicas na Educação em Ciências**. In: Secretaria Estadual de Educação de SP; USP; UNESP; PUC. (Org.). *Natureza, Ciências, Meio Ambiente e Saúde*. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2002.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E. **Ensino de Biologia: Histórico e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.

MARTINS, L. A.-C. P. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino**, v. 3, n. 2, 2006.

MARTINS, L. A.-C. P. **A Teoria da Progressão dos Animais, de Lamark**. Rio de Janeiro: Booklink; São Paulo: FAPESP: GHTC/Unicamp, 2007.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164–214, 1995.

MAYR, E. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1998.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: UNESP, 2005.

MIANUTTI, J. **Uma proposta de formação continuada de professores de biologia em Mato Grosso do Sul: de manuais didáticos a obras clássicas no estudo da evolução biológica**. 148f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual de São Paulo, Bauru. 2010.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos. **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 20–39, 1996.

NARDI, R.; GATTI, S. R. T. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 2, p. 129–150, 2008.

NEVES, V. F. Fundamentos Pedagógicos dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Aprender e o Ensinar no Ensino Fundamental. **V ANPED SUL - Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**, Curitiba: PUCPR, 2004.

NÚÑEZ, I. B. et al. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 25, n. 04, 2003.

OLEQUES, L. Evolução Biológica como eixo integrador no ensino de biologia: concepções e práticas de professores do Ensino Médio, **Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Campinas: ABRAPEC, 2011.

RIO DE JANEIRO. Currículo Mínimo. Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: http://www.conexaoprofessor.rj.gov.br/downloads/portugues_livro_v2.pdf
Acesso em: 23 de junho de 2014.

SANTOS, A. F.; OLIOSI, E. C. A importância do ensino de ciências da natureza integrado à história da ciência e à filosofia da ciência: uma abordagem contextual. **Revista da FAEEBA-Educação e Contemporaneidade**, v. 22, n. 39, 2013.

SANTOS, S. **Evolução biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula**. São Paulo: Annablume: Fapesp: Pró-Reitoria de Pesquisa, 2002.

SCHEIBE, L. Valorização e formação dos professores para a educação básica: questões desafiadoras para um novo plano nacional de educação. **Educação e Sociedade**, v. 31, n. 112, p. 981–1000, 2010.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, M.; FERREIRA, M. S.; AMORIM, A. C. (Org.). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. Niterói: Eduff, p. 50–62, 2005.

SILVA, C. S. F., LAVAGNINI T. C., OLIVEIRA, T. T. Concepções de alunos do 3 ano do ensino médio de uma escola pública de Jaboticabal–SP a respeito de evolução biológica. **Anais VII ENPEC**. Florianópolis 2009.

SILVA, M. G. B. **Um estudo sobre a evolução biológica como eixo norteador do processo de formação do professor de biologia**. 176f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.

SILVA-PORTO, F.; LUZ, M.; WAIZBORT, R. A suposta centralidade da Evolução nos livros didáticos de Biologia. **Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

SILVA, T. T. **Documentos de Identidade: Uma introdução às teorias do currículo**. 1 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 1999.

SLONGO, I. I. P. **A produção acadêmica em ensino de biologia: um estudo a partir de teses e dissertações**. 364f. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

TEIXEIRA, P. M. M. **Pesquisa em Ensino de Biologia no Brasil (1972-2004): um estudo baseado em dissertações e teses**. 413f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

TIDON, R.; VIEIRA, E. O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. **ComCiência**, n. 107, 2009.

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O livro didático de ciências no ensino fundamental– proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 93–104, 2003.

YOUNG, M. F. Curriculum Change: Limits and Possibilities*. **Educational studies**, v. 1 n. 2, p.