

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências

ANDRÉ LUIS CORRÊA

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA BIOLOGIA NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES: REFLEXÕES SOBRE O CONCEITO
DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Bauru

2010

ANDRÉ LUIS CORRÊA

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA BIOLOGIA NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES: REFLEXÕES SOBRE O CONCEITO
DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências).

Orientadora: Ana Maria de Andrade Caldeira

Co-orientadora: Fernanda Aparecida Meghioratti

Bauru

2010

ANDRÉ LUIS CORRÊA

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA BIOLOGIA NA FORMAÇÃO
INICIAL DE PROFESSORES: REFLEXÕES SOBRE O CONCEITO
DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências).

Banca Examinadora:

Presidente: Ana Maria de Andrade Caldeira

Examinadora: Vivian Leyser da Rosa

Examinador: Jehud Bortolozzi

Bauru, 14 de maio de 2010.

Aos meus pais e irmãs pela
dedicação e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho não poderia ter sido desenvolvido sem o apoio de diversas pessoas que me deram estrutura emocional e intelectual. Assim agradeço a todos que contribuíram de alguma forma ao desenvolvimento desse projeto.

Ao constante apoio e cuidadosa orientação da Prof^a. Dr^a. Ana Maria de Andrade Caldeira e da Prof^a. Dr^a. Fernanda Aparecida Meglhioratti. As orientações através de dicas, conselhos de leituras e apoio intelectual foram imprescindíveis para que o trabalho se concretizasse.

Aos amigos José Wilson Sanches Junior, Rafael Sanches Mendonça, Adriana Nascimento de Jesus, Patrícia Nunes, Mariana Bologna de Andrade e todos os colegas que fizeram comigo esse percurso. Aos meus amigos de república Pedro dos Santos Júnior e Vitor Kishi.

Agradeço especialmente a minha família. Aos meus pais Maria e Wilson que sempre me transmitiram segurança e que desde o início dos meus estudos fizeram o possível para que eu pudesse me desenvolver plenamente como pessoa. Às minhas irmãs Ana Paula e Adriana e sobrinha Ana Clara que sempre estiveram presentes no meu caminho.

Agradeço também ao apoio financeiro da CAPES/DS que subsidiou esse projeto.

CORRÊA, A. L. **História e Filosofia da Biologia na formação inicial de professores: Reflexões sobre o conceito de evolução biológica**, 2010. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2010.

RESUMO

O conceito de evolução biológica atualmente constituir-se um eixo unificador do conhecimento biológico, pois fornece subsídios para compreensão da Biologia atual e possibilita a interpretação dos múltiplos cenários que se formaram desde a origem da vida até os dias atuais. Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, também, orientam que a evolução biológica seja um conceito unificador da biologia, uma vez que, a compreensão da teoria evolutiva pode se interligar a outros conceitos biológicos e, assim, propiciar um ensino menos fragmentado. Diversas pesquisas apontam que os alunos têm dificuldades de compreensão ou aceitação do conceito de evolução. Uma das razões que contribuem para esta dificuldade de compreensão dos conceitos atrelados à teoria da evolução, diz respeito aos equívocos conceituais e históricos presentes nos livros didáticos. Sendo assim, objetivou-se investigar como a inserção de uma discussão epistemológica sobre o conceito de evolução biológica pode contribuir para a aprendizagem de alunos de graduação de licenciatura em Ciências Biológicas. Para esta dissertação, os instrumentos de pesquisa utilizados foram os questionários, entrevistas semi-estruturadas, e discussões em grupos focais sobre os temas propostos, nas quais questões gerais foram focadas em três eixos: Evolução, História da Biologia e Ensino. Após análise coleta inicial foi possível criar categorias que permitiram agrupar resposta com padrões de explicação similares. Em seguida foram feitas intervenção didáticas, utilizando-se um material didático, organizado pelos autores desta pesquisa, contendo textos da História e Filosofia da Biologia sobre o conceito de evolução biológica. A partir da coleta final pôde-se, então, fazer uma análise comparativa dos dados iniciais, com a finalidade de se observar quais e como os objetivos propostos foram atendidos com a intervenção didática. Ao final desta pesquisa foi possível concluir que, apesar dos estudantes apresentarem dificuldade em discutir os temas propostos, a inclusão da História e Filosofia da Biologia mostrou-se interessante fonte de reflexão e confronto com as concepções iniciais destes estudantes, além de propiciar melhoria na construção das respostas solicitadas, principalmente, no que se refere à compreensão da complexidade do conceito pesquisado. Por fim, considero que, ao permitir espaços de reflexão sobre a epistemologia do conhecimento biológico, contribui-se para uma formação de professores que potencialize uma ação mais reflexiva e menos dogmática.

Palavras-chave: Ensino de Biologia; Conceito de evolução biológica; História e Filosofia da Biologia; Formação inicial de professores.

CORRÊA, A. L. History and Philosophy of Biology in Pre-service Teachers Education: Reflections about the concept of biological evolution, 2010. Master's thesis in Education for Science. Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2010.

ABSTRACT

The concept of biological evolution currently consist in an unifying axis of the biological knowledge, therefore providing subsidies to comprehend actual Biology and making possible interpretation of the multiple scenes that were constitute since the origin of life until the nowadays. The National Curricular Parameters of High School, also, suggest that the biological evolution is a unifying concept of biology, because, understanding of the evaluative theory can establish a connection with other biological concepts and thus promote a less fragmented education. Many researches point that the pupils have difficulties to understand or accept the concept of evolution, being one of reasons that contribute to this difficulty of understanding of related concepts to the theory of evolution, appertain to the misconceptions present in textbooks. Wherefore, it was aimed to investigate as an insertion of an epistemological discussion on the concept of biological evolution can contribute to learning of students in pre-service teachers' education in Biology's graduation. For this dissertation, it was used questionnaire, semi-structuralized interviews, and discussion in focal groups about considered subjects, which general questions had been concentrated in three axles: Evolution, History of Biology and Education. After initial analysis of the data, it was possible to create categories that allowed the group to give answers with similar explanations standard. After they were made didactic intervention, using a didactic textbook organized by the authors of this research, it having texts of History and Philosophy of Biology about the concept of biological evolution. From the finals data a comparative analysis of the initial data could be made, with purpose of observing which and how they considered aims had been reached with the didactic intervention. In the end of this research it was possible to conclude that, although the students show difficulty in arguing the considered subjects, inclusion of History and Philosophy of Biology revealed to be an interesting reflection and confrontation source with the initial conceptions of these students, besides to appease advance in construction of the requested answers, mainly, concerning complexity of this concept. Finally, I consider that, when allowing place for reflection about epistemology of the biological knowledge, we contributed to teachers' formation that maximize a more reflexive and less dogmatic action.

Key-words: Biology teaching; Concept of biological evolution; History and Philosophy of Biology; Pre-service teachers education.

LISTA DE QUADROS

Quadro No. 1. Questionário inicial.....	46
Quadro No. 2. Entrevista Semi-Estruturada	48
Quadro No. 3. Codificação dos sujeitos de pesquisa.....	50
Quadro No. 4. Cronograma dos módulos didáticos	51
Quadro No. 5. As categorias de pesquisa	61
Quadro No. 6. Categorias encontradas no questionário inicial.	64
Quadro No. 7. Categoria exibida por cada estudante ao longo da entrevista.....	68
Quadro No. 8. Comparação entre as coletas inicial e final.....	71

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	XI
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS.....	6
Objetivo Geral.....	6
Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO 1. Aspectos Históricos do Conceito de Evolução Biológica	7
1.1 Concepções sobre a origem e transformação dos seres vivos na antiguidade	8
1.2 Fixismo	11
1.3 A ideia de transformação dos seres vivos de Lamarck	12
1.4 A proposição do conceito de seleção natural por Wallace e Darwin.....	15
1.4.1 Alfred Russel Wallace.....	15
1.4.2 Charles Robert Darwin.....	17
1.5 A construção da teoria sintética da evolução	21
1.6 As discussões atuais sobre Evolução	26
CAPÍTULO 2. O Ensino e a Evolução Biológica	29
2.1 O ensino e a aprendizagem de conceitos científicos.....	29
2.2 O ensino de evolução	32
2.3 O conceito de evolução e o uso da História e Filosofia da Biologia	36
2.4 A formação inicial do professor reflexivo visando o Ensino de Evolução.....	40
3. METODOLOGIA.....	44
3.1 Fundamentos Metodológicos	44
3.2 Constituição dos dados empíricos.....	45
3.2.1 Questionário inicial	45
3.2.2 Entrevistas semi-estruturadas	47
3.2.3 Coleta Final	49
3.3 Apresentação dos sujeitos da pesquisa	49
3.4 Apresentação dos dados referentes aos módulos didáticos.....	50
3.4.1 Módulo 1 – Algumas explicações sobre a diversidade de espécies da Grécia Antiga ao século XIX	53
3.4.2 Módulo 2 – As principais ideias de Lamarck	54
3.4.3 Módulo 3 – As principais ideias de Darwin e Wallace	56

3.4.4 Módulo 4 – As principais ideias referentes à Teoria Sintética	58
3.5 Apresentação das categorias encontradas nos sujeitos desta pesquisa	59
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
4.1 As pré-concepções presentes no questionário inicial.....	61
4.2 Os conhecimentos prévios evidenciados na entrevista semi-estruturada	64
4.3 Análise comparativa das coletas inicial e final	68
4.3.1 Categorias não alteradas	71
4.3.2 Alterações de categoria, aproximando-se dos conhecimentos atuais	75
4.3.3 Alterações de categoria, distanciando-se dos conhecimentos atuais	77
4.3.4 Alterações de categoria, não significantes.....	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXO I - Parecer do comitê de ética em Pesquisa	96
ANEXO II - Grade Curricular do Curso de Ciências Biológica – Período Integral	97
ANEXO III - Apostila utilizada nos módulos didáticos.....	99
APÊNDICE I – Modelo do termo de consentimento utilizado nesta pesquisa	132
APÊNDICE II - Questões norteadoras de discussões nos módulos didáticos.....	134

APRESENTAÇÃO

Natural de São José do Rio Preto – SP, ingressei no ano de 2004 no curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas na cidade de Bauru – SP, onde nos anos subsequentes iniciei minha carreira acadêmica. Tive experiência com a área laboratorial da Biologia, realizando estágio na Imunologia, porém foi a participação em um grupo de Epistemologia da Biologia, a convite da minha atual orientadora Ana Maria de Andrade Caldeira, que me possibilitou repensar toda a minha forma de entender a Biologia, quanto a Ciência e seu ensino. O grupo de discussão me forneceu elementos que possibilitaram desenvolver meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na área de Ensino de Ciências.

Na realização do TCC, no qual pesquisei o conceito de vida presente em alguns estudantes da 6ª série (7º ano) de uma escola pública da cidade de São José do Rio Preto - SP e nos livros didáticos utilizados por eles, uma das perguntas da entrevista era: “Para você, como surgiu a vida?” A forma como os alunos responderam esta pergunta, despertou-me interesse para o Ensino de Evolução.

Com o apoio da minha orientadora de TCC e atual co-orientadora no mestrado, Fernanda Aparecida Meglhioratti e da Profª. Drª. Ana Maria de Andrade Caldeira pude repensar o tema Evolução Biológica e seu aprendizado, produzindo dados que possam contribuir para o Ensino de Evolução em licenciandos de Ciências Biológicas, futuros professores das redes pública e particular de ensino. Vale salientar que, o autor desta pesquisa é iniciante na carreira de pesquisador em ensino de ciências, o que pode ter influenciado na atuação investigativa, bem como na análise dos resultados obtidos.

INTRODUÇÃO

O termo Biologia, proposto por Burdach, Treviranus e Lamarck no século XIX, surgiu como uma forma de unificar uma área do conhecimento, que se preocupava em estudar os seres vivos. Desde então, tentativas de estabelecer relações entre os seres vivos e, assim, promover explicações que perpassavam toda a diversidade biológica, vem sendo elaboradas (MEGLHIORATTI, 2009).

Entre as tentativas de buscar coerência no conhecimento biológico está a ideia de que o conceito de evolução biológica pode constituir-se em um eixo unificador do conhecimento biológico (MEGLHIORATTI, 2004; GOEDERT, 2004; VALOTTA et al, 2000; FUTUYMA, 1992), pois fornece subsídios para compreensão da Biologia atual e possibilita a interpretação dos múltiplos cenários que se formaram desde a origem da vida até os dias atuais. Meyer e El-Hani (2005), ao afirmarem ser a evolução o sentido da biologia, lançando luz para a compreensão dos seres vivos, elencam dois fatores para tal posicionamento: a existência de parentesco entre os organismos vivos e a possibilidade de investigação das mudanças ocorridas nestes seres. Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) também orientam que a evolução biológica seja um conceito unificador da biologia, uma vez que, a compreensão da teoria evolutiva pode interligar outros conceitos biológicos e assim propiciar um ensino menos fragmentado.

Referente às considerações realizadas sobre o papel central da evolução no conhecimento biológico e no ensino de biologia, diversas pesquisas apontam que os alunos têm dificuldades de compreensão ou aceitação do conceito de evolução (BIZZO, 1991; ZUZOVSKY, 1994; JENSEN; FINLEY, 1996; DAGHER; BOUJAOUDE, 2005; CRAWFORD, et al, 2005; INGRAN; NELSON, 2006; SEPULVEDA; EL-HANI, 2009). Uma das razões que contribuem para a dificuldade de compreensão dos

conceitos atrelados à teoria da evolução, diz respeito aos equívocos conceituais e históricos presentes nos livros didáticos. Autores como Cicillini (1991), Martins (1998) e Dias e Bortolozzi (2009) corroboram esta afirmação referente ao livro didático ao apresentarem, em seus trabalhos, dados que evidenciam que o ensino de evolução é visto como um capítulo específico, implicando em uma série de obstáculos que dificultam o aprendizado dos estudantes e descaracteriza a ideia de evolução como eixo articular da Biologia.

Constitui-se, também, em dificuldade ao bordar o ensino de Evolução, a forma que o professor organiza os conteúdos biológicos em suas aulas e os obstáculos referentes à prática docente do ensino de evolução ou mesmo ao confronto dessa temática com crenças pessoais. Meglhioratti (2004), ao investigar o Ensino de Evolução na percepção de professores de biologia do Ensino Médio, verificou que os professores apontam as seguintes dificuldades ao trabalhar o tema evolução: falta de tempo, o que pode indicar que o professor trabalha de forma fragmentada, não utilizando a evolução como um eixo unificador dos conteúdos biológicos; a falta de material de apoio; a dificuldade em entender e ensinar conceitos científicos; e a dificuldade de trabalhar com o tema, devido ao confronto com as crenças religiosas dos alunos.

Aspectos semelhantes foram encontrados por Goedert (2004) ao descrever situações nas quais os professores, quando seus alunos apresentam manifestações baseadas em crenças religiosas e elementos do senso comum que confrontam com os conceitos científicos, têm adotado atitudes passivas, apoiando-se na ideia de respeito às opiniões dos estudantes, o que, por sua vez, descaracterizaria seu papel de construtor do conhecimento científico. Goedert (2004) verificou, também, em seu trabalho sobre formação inicial, que a integração entre os vários domínios das Ciências Biológicas não vem ocorrendo na formação inicial de professores na UFSC, pela ausência de relação

entre as disciplinas de graduação. Estes dados permitem afirmar a necessidade de disciplinas que possibilitem que os graduandos façam uma integração dos diversos conhecimentos construídos nas várias disciplinas, durante sua formação inicial (GOEDERT, 2004). Sendo a evolução biológica entendida como eixo unificador das Ciências Biológicas, entende-se ser fundamental que as pesquisas discutam a biologia como um conhecimento integrado e que se preocupem com a formação inicial dos professores, uma vez que, estes funcionam como elementos construtores do conhecimento na educação básica.

Sendo assim, para que se possa ensinar Biologia a partir da perspectiva evolucionária é preciso que o professor de Ciências e Biologia esteja preparado para atuar dessa forma. Compreende-se que o professor precisa estar sempre em busca de conhecimentos, não só referentes à sua área de ensino, mas também das outras áreas, tendo uma cultura geral bem fundamentada e sendo capaz de ter um conhecimento multidisciplinar. É baseado nessa perspectiva que um Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia foi organizado, e na qual procura atuar. Este grupo permite um espaço para estudo e reflexões, em que os conhecimentos biológicos, oriundos da área de Educação e seus determinantes sociais, econômicos e políticos possam ser entendidos em sua complexidade, tendo as Ciências Biológicas como tema estruturador.

Neste trabalho defende-se a inserção da História da Ciência, em um curso de formação de professores, não como maneira de descrever a história ou acumular conhecimento sobre a história, mas propiciar uma análise crítica das condições da criação e apropriação do conhecimento científico, pelas diversas culturas e atestar que tal conhecimento está sujeito a transformações. Além disso, a História da Ciência pode propiciar questionamentos às pretensões de verdade, além de revelar perguntas que não

são feitas, em geral, em outros momentos do currículo para a formação do professor (TRINDADE, 2008).

Este autor ainda afirmar que a História da Ciência pode transformar as aulas de ciências em mais desafiadoras e reflexivas, possibilitando, dessa maneira, o desenvolvimento do pensamento crítico. Outros autores, também, concordam com esta inclusão, tal como Goulart (2005), por entender que esta estratégia pode servir como elemento desafiador, motivador, mediador, articulador e integrador no processo de construção de conhecimento científico pelo aluno. Mas essa formação articulada, ainda que muito discutida entre os pesquisadores, necessita de mais contribuições que analisem, quais são os obstáculos presentes na formação inicial de professores que dificultariam a inserção da História da Ciência na sala de aula.

A partir dessas questões iniciais e fundamentais para a formação de professores de Ciências e Biologia, pensou-se em uma pesquisa realizada com professores em formação inicial, mediante a utilização de um material didático com enfoque em História e Filosofia da Biologia. Tal material teria como objetivo trabalhar duas ideias centrais na História da Biologia: o Fixismo e a Evolução. Sendo assim, a utilização das discussões dos textos com licenciandos de um curso de Ciências Biológicas permitiria ao pesquisador identificar obstáculos epistemológicos que dificultam a compreensão do conceito de evolução biológica e, simultaneamente, possibilitaria elementos para uma prática docente em que esse conceito, unificador de vários outros conceitos em biologia, seja ensinado com a coerência e contextualização histórica que possibilitem o entendimento de aspectos da construção científica. Este material foi organizado a partir de excertos de textos de autores que contribuíram para a compressão atual do conceito de evolução e literatura secundária pertinente.

Para verificar como a utilização de um material didático sobre aspectos históricos do conceito de evolução biológica contribui para a construção conceitual na formação inicial de professores de biologia, desenvolveu-se a presente pesquisa que está constituída de duas partes: (1) abordagem histórica do conceito de evolução biológica, a qual é perpassada pela concepção de uma ciência dinâmica e construída socialmente e (2) uma pesquisa empírica sobre a construção do conceito de evolução biológica em graduandos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, fundamentada na investigação qualitativa, que utiliza como instrumentos de coleta questionários e entrevistas semi-estruturadas. Assim, o presente trabalho está organizado em: Introdução; Objetivos; Capítulo 1; Capítulo 2; Metodologia; Resultados e Discussões e Considerações Finais.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Investigar como a inserção de uma discussão epistemológica sobre o conceito de evolução biológica pode contribuir para a aprendizagem de alunos de graduação de Licenciatura em Ciências Biológicas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar por meio de um questionário inicial as concepções prévias de evolução biológica de alunos matriculados na disciplina Evolução de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma Universidade Pública do Estado de São Paulo;
- Avaliar o papel de um módulo didático na forma de expressão do conceito de evolução biológica de alunos matriculados na disciplina Evolução de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma Universidade Pública do Estado de São Paulo;
- Investigar a construção conceitual realizada ao final do módulo didático pela aplicação de um questionário final;
- Identificar relações epistemológicas estabelecidas no decorrer dos módulos didáticos;
- Analisar quais outros conceitos contribuíram para facilitar e/ou dificultar a aprendizagem do conceito de evolução.

CAPÍTULO 1. ASPECTOS HISTÓRICOS DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

O levantamento histórico aqui apresentado não objetiva promover referências em relação a períodos específicos ou autores da história da ciência. Como o foco central deste trabalho está relacionado à investigação do ensino/aprendizagem na formação inicial de professores, ou seja, alunos de graduação, buscou-se abordar de maneira geral, mas consciente, a discussão em relação ao conceito de evolução, bem como o aporte epistemológico necessário para o aprendizado do mesmo, evidenciando que o conhecimento científico pode ser influenciado por fatores externos à ciência.

Optou-se por trabalhar assuntos e autores comumente citados em livros didáticos de biologia, pois conforme constatado por Cicillini (1991), Martins (1998), Belini (2006) e Engelke (2009) além dos livros didáticos trazerem o assunto evolução biológica, muitas vezes, em capítulos específicos, descaracterizando a ideia de eixo articulador das Ciências Biológicas, apresentam um conceito distorcido de evolução biológica, por transparecer uma visão simplista e linear deste processo. Somado a isto, segundo Belini (2006) estes manuais trazem, ao invés de relatos históricos, uma versão “pedagógica”, na qual omitem e simplificam fatos. Esta maneira de apresentar as informações gera, em última instância, histórias equivocadas, como o famoso caso do “pescoço da girafa de Lamarck”, que, na extensa obra de Lamarck, a menção às girafas ocupa apenas um parágrafo e não representa a peça central de sua teoria (GOULD, 1996).

De posse dessas informações, decidiu-se aprofundar na História da Ciência como fonte de dados para a construção do conceito de evolução biológica. Fazemo-nos ciente de que essa é uma das discussões possíveis da epistemologia da biologia e, com isso, cerceado pelo subjetivo dos autores desta pesquisa.

1.1 CONCEPÇÕES SOBRE A ORIGEM E TRANSFORMAÇÃO DOS SERES VIVOS NA ANTIGUIDADE

O termo evolução foi cunhado pelo biólogo alemão Albrech Von Haller, em 1744, para descrever sua teoria pré-formacionista, pelo qual os embriões cresceriam de homúnculos pré-formados, nos quais as gerações seriam oriundas dos ovários de Eva e dos testículos de Adão. Por isso, “evolução” originou-se da palavra latina *evolvere*, que significa “desenrolar”, cuidadosamente escolhido por discriminar objetivamente o pensamento pré-formacionista. A ideia de evolução, diferente da originalmente concebida, tornou-se frequente a partir dos trabalhos do filósofo positivista Herbert Spencer, por volta de 1864 (GOULD, 1999).

A partir da evidência de diferentes concepções quanto ao termo central da pesquisa é que se define o conceito de evolução, conforme Futuyma (1992), como “mudanças nas propriedades das populações dos organismos que transcendem o período de vida de um único indivíduo”. Ainda, segundo o autor, as mudanças realmente consideradas evolutivas são transmitidas hereditariamente entre os indivíduos de uma geração para outra. Vale salientar que as transformações em nível de gene e organismo também têm sua importância na cadeia evolutiva, porém são as modificações em nível de populações que caracterizam a evolução nos organismos vivos (MAYR, 2009).

Apesar de o termo evolução ter sido criado somente no século XVIII, de acordo com Russel (2003), a filosofia e a preocupação com os fenômenos naturais já aconteciam na Grécia, por volta do século VI aC., sendo enfocadas questões relacionadas às observações, quanto a uma série de fenômenos causais, tal como a origem dos seres vivos.

Ao que parece, um dos primeiros a discutir a origem do homem foi o filósofo grego Anaximandro, por volta de 611 a 547 aC. (D'AMARO, 2006). Anaximandro observou que os recém-nascidos humanos necessitam de cuidados parentais importantes para sua sobrevivência, durante um longo período. Tal observação o levou a inferir que, se a espécie humana tivesse sempre se comportado desta forma, não teria sobrevivido. Esta percepção o levou a supor que o homem deveria ter evoluído de outro animal, capaz de prover a própria subsistência com mais rapidez (RUSSEL, 2003).

O filósofo ainda afirmava que todos os seres vivos teriam vindo do lodo marinho, e que o homem teria surgido do ventre do peixe, respaldando suas afirmações baseados em restos fósseis e na observação da maneira como os tubarões alimentavam suas crias (RUSSEL, 2003 e D'AMARO, 2006). Esta inferência pode ter sido realizada pelo fato de que uma parte do grupo dos tubarões possuem padrão reprodutivo de viviparidade, além de algumas espécies de tubarões serem alimentados por um tipo de “leite uterino” (POUGH, 1999).

Outro filósofo que se deve ter atenção é Empédocles de Agrigento, que viveu no século V aC. e sustentava uma teoria chamada por ele de “raízes” das coisas (mais tarde nomeada de elementos por Aristóteles): terra, fogo, água e éter (ou ar). Empédocles acreditava que a manutenção do universo era regida por duas forças fundamentais: o amor e o ódio. Estes dois princípios ativos tinham a função de unir e dividir, respectivamente. Sendo assim, as substâncias eram separadas pelo ódio (ou morte) e aglutinadas pelo amor (ou vida) (CHAUÍ, 2007). Esta cosmologia era baseada em uma série de ciclos regulados pelo amor e ódio, sendo que no último estágio do ciclo formaram-se separadamente as diferentes espécies de animais. No reinício do ciclo produzir-se-iam combinações acidentais em que prevaleceriam à sobrevivência dos

mais aptos (RUSSEL, 2003). Nietzsche ao discutir as ideias de Empédocles, relaciona este evento aos processos descritos na obra de Darwin, como é visto no excerto a seguir:

[...] seu problema capital consiste em fazer nascer o mundo ordenado destes instintos opostos, sem auxílio de nenhum fim, de nenhum Noûs¹; ele se contenta aqui com o pensamento grandioso de que, entre as inúmeras formas monstruosas e impossíveis de vida, pode-se encontrar algumas que sejam bem formadas e aptas para a vida; boa adaptação determina o número dos seres existentes. Os sistemas materialistas jamais abandonam esta ideia. Temos uma aplicação particular dela na teoria de Darwin (Nietzsche, 1978, p. 242).

Outro filósofo grego a discutir os pensamentos pré-evolucionistas foi Platão. Em seu diálogo de Timeu, no qual discorre sobre a natureza do mundo físico, propõe que a origem do universo e dos seres vivos, dos quais figuram arquétipos ou formas eternas, seriam criações voluntárias de uma ação externa, um artesão, o “demiurgo”. Segundo Sloan (2008), estas explicações externalistas levaram a reflexões que mais tarde interagiu com conceitos bíblicos da criação do cristianismo, judaísmo e do islamismo, servindo de base para a compreensão de que os seres orgânicos eram produto de uma interferência externa inteligente (demiurgo, natureza ou Deus).

Em contrapartida, apesar de discípulo de Platão, Aristóteles sugeria um intensionalismo teleológico interno (SLOAN, 2008). Aristóteles reuniu as ideias existentes em diversas civilizações, como a babilônica, a egípcia e a hindu e as incorporou a uma explicação que perdurou por quase dois milênios: a geração espontânea (D’AMARO, 2006). O pensador acreditava que animais e plantas poderiam ser gerados espontaneamente. Dessa forma, enquanto alguns animais eram gerados de seus semelhantes (reprodução sexuada) e algumas plantas de sementes, outros animais e

¹1 Noûs: Termo grego para "mente". O termo foi usado por Platão e outros filósofos anteriores a Aristóteles, mas foi este último que lhe deu um significado mais sistemático, muito semelhante ao que hoje entendemos por "espírito", "mente" ou a res cogitans de Descartes: a parte cognitiva do ser humano (ALMEIDA, 2003).

outras plantas cresciam por geração espontânea provenientes da matéria vegetal, da terra em putrefação, do interior de alguns animais ou até de algumas partes de outras plantas, sendo algumas produzidas sobre outras árvores, como era o caso dos musgos (MARTINS, 1993).

1.2 FIXISMO

Após esta breve retomada do pensamento sobre os seres vivos na antiguidade, discute-se a ideia que esteve associada à noção de criação divina das espécies durante centenas de anos: o fixismo. Com o avanço do cristianismo ao longo da Idade Média, o pensamento fixista prosperou, pois segundo esta lógica, e conforme encontrado nos manuscritos bíblicos no livro Gênesis, o homem e todos os outros seres vivos foram criados por Deus tal como eram, ou seja, seriam imutáveis. Segundo este preceito, todos os organismos foram criados individualmente, não havendo evolução e nem origem comum entre os seres. Para D'amaro (2006), esta doutrina não recebeu apenas apoio das religiões em geral, mas de homens da ciência, como o filósofo Georges Cuvier (1769 – 1832). A partir de estudos com gatos mumificados do Egito Antigo, Cuvier concluiu que os animais não apresentavam diferenças anatômicas em relação aos gatos do século XIX, conferindo aos mesmos nenhuma evolução, ou seja, os seres eram fixos. Como explicação para a existência de fósseis de animais inexistentes em seus dias atuais, o autor considerava, este fato, o resultado de acontecimentos catastróficos. Isto corrobora os exemplos descritos na Bíblia, tal como o dilúvio enfrentado por Noé e sua arca. Através destas explicações a teoria fixista imperou até o final do século XIX (D'AMARO, 2006).

1.3 A IDEIA DE TRANSFORMAÇÃO DOS SERES VIVOS DE LAMARCK

Contemporâneo de Cuvier, o naturalista francês Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829), foi um dos grandes disseminadores da ideia que as espécies se transformam ao longo do tempo. Lamarck tinha interesse em medicina e botânica, cunhando, inclusive, o já referido termo “biologia” (D’AMARO, 2006). Apesar de ser apontado como um dos primeiros evolucionistas, Lamarck não se utiliza do termo evolução, por se tratar de um termo que para época referia-se àquilo que atualmente se conhece como “ontogênese”, ou seja, o desenvolvimento de um indivíduo, do óvulo à fase adulta (MARTINS, 1993). Embora nos escritos de Lamarck não ocorra utilização de um termo único para descrever o que hoje se conhece como evolução, o que se pode perceber é certa prevalência da utilização do termo progressão. O termo traduz o pensamento de Lamarck, pois evidencia um processo de aperfeiçoamento ou progresso gradual e sequencial. Além disso, vale lembrar que, enquanto escrevia suas ideias, Lamarck não pensava estar propondo apenas uma teoria evolucionista, e sim fundamentos teóricos para toda a Zoologia (MARTINS, 1993).

Sabe-se que Lamarck, por muito tempo, aceitou que as espécies animais e vegetais eram fixas, como a maioria dos naturalistas da época, ao entender que a influência do ambiente levaria, apenas, a mudanças em nível de variedades. Muito se discute o que teria levado o autor a uma mudança de visão, sendo apontados fatores, tais como: as comparações entre conchas fósseis e contemporâneas a ele; o estudo e classificação de animais inferiores; e seus estudos de geologia que o levaram a uma visão uniformitarista da natureza (MARTINS, 1993). O Uniformitarismo², tem como

² O Uniformitarismo foi elaborado pelo escocês James Hutton no final do século XVIII, em seu livro *Theory of the Earth* e mais tarde aperfeiçoada pelo inglês Charles Lyell em seu *Principles of geology* (1830).

base uma perspectiva que se apoia na interpretação da dinâmica dos processos atuais e da consideração de que estes, submetidos sempre às mesmas leis físicas, atuaram de forma semelhante, ainda que com intensidades diferenciadas, ao longo da história natural da Terra (CLAUDINO-SALES, 2004, ODY, 2005 e LIRA, 2009).

Segundo Ferreira (2007) e Martins (1993), Lamarck aceitou inicialmente uma corrente filosófica presente na época, o vitalismo, para após 1797, aceitar a geração espontânea e explicações de fenômenos biológicos mais consistentes com o mecanicismo, pois não acreditava na existência de uma distinção qualitativa intransponível entre a matéria viva e a matéria não viva, que inviabilizaria qualquer teoria naturalista de origem da vida. E nesta fase evolucionista, Lamarck propõe os princípios que deflagrariam o processo de transformação nas espécies, explicitadas abaixo:

O primeiro deles, ligado à geração espontânea, desenrola-se como um processo auto-organizador em que a circulação de fluidos energéticos por determinados tipos de matéria faria com que uma sequência de estruturas crescentemente complexas se sobrepusessem, originando seres vivos cada vez mais sensíveis e ativos em relação ao meio. Este processo resultaria em uma escala de seres perfeitamente ordenada e contínua, seguindo do mais simples até o mais complexo. O segundo processo seria circunstancial e se daria através de adaptações de cada tipo de organismo às cambiantes condições do meio. Cada uma dessas adaptações representaria um pequeno desvio em relação ao plano da natureza e, ao acumular-se, desfiguraria a linearidade e continuidade da escala dos seres. Embora fosse circunstancial, este segundo processo seria absolutamente necessário à preservação dos seres vivos (FERREIRA, 2007, p.26).

Lamarck era adepto do deísmo, acreditava em um Autor Supremo; no entanto, não aceitava que esse interferisse diretamente nos seres. As transformações e aparecimento dos seres ocorriam devido a fatores da natureza, que teria o poder e os meios de instituir a vida animal em um corpo, com todas as faculdades que a vida comporta, e compõe progressivamente a organização em diferentes animais (MARTINS, 1993; FERREIRA, 2007). Considerando que Lamarck apresenta suas leis em sequências diferentes em suas obras, bem como diferentes maneiras de apresentar

suas ideias, a sequência aqui adotada descreve as leis básicas da natureza que produzem a modificação e gradual progresso dos animais encontradas na obra *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*:

1ª Lei

A vida, pelas suas próprias forças, tende continuamente a aumentar o volume de todo o corpo que a possui, e a estender as dimensões de suas partes, até um limite que lhe é próprio (LAMARCK, apud MARTINS, 1993).

2ª Lei

A produção de um novo órgão em um corpo animal resulta de uma nova necessidade que surgiu e que continua a se fazer sentir e de um novo movimento que essa necessidade faz nascer e mantém (LAMARCK, apud MARTINS, 1993).

3ª Lei

O desenvolvimento dos órgãos e sua força de ação estão em relação direta com o emprego desses órgãos (LAMARCK, apud MARTINS, 1993).

4ª Lei

Tudo o que foi adquirido, traçado ou mudado na organização dos indivíduos, no decorrer de sua vida, é conservado pela geração e transmitido aos novos indivíduos que provêm daqueles que experimentam essas mudanças (LAMARCK, apud MARTINS, 1993).

A respeito da terceira lei (uso e desuso), apesar de hoje ser totalmente rejeitada pela ciência, alguns autores acreditam que uma passagem de sua teoria normalmente difundida em livros didáticos como errônea (o caso do aumento do pescoço da girafa) deve-se a traduções equivocadas dos manuscritos de Lamarck (MARTINS, 1993; FERREIRA, 2007). Pois Lamarck não emprega em parte alguma, ou mesmo sugere que exista a influência ou interferência do desejo (*désir*) na formação ou desenvolvimento de novos órgãos. As descrições errôneas a esse respeito foram feitas por Cuvier, Flourens e Wallace. Lamarck se serve do termo “necessidade” (*besoin*) no sentido de

satisfação de uma necessidade fisiológica, o que deixa bem claro em seu texto (MARTINS, 1993; FERREIRA, 2007).

Reduzir as ideias de Lamarck ao uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos e invalidá-las por isso é no mínimo injusto. Primeiro, porque não são proposições originais de Lamarck, mas ideias aceitas na época; e segundo, porque a teoria de Lamarck não se reduz a isso. Ele foi um naturalista sério e competente, respeitado como botânico e zoólogo, que propôs uma teoria que procurava explicar o importante fato da existência de uma escala animal - uma escala que ele próprio fundamentou pelo seu trabalho de sistemática (MARTINS, 1993).

1.4 A PROPOSIÇÃO DO CONCEITO DE SELEÇÃO NATURAL POR WALLACE E DARWIN

1.4.1 ALFRED RUSSEL WALLACE

O naturalista inglês Alfred Russel Wallace (1823-1913) nasceu em Usk (Monmouthshire) em uma modesta família. Durante a sua infância, editou uma revista literária e sua família manteve uma das livrarias da cidade, atividades que se mostraram favoráveis à formação do menino. Alfred era socialista, não-conformista e descrente das formas religiosas predominantes na Inglaterra. Por volta de 1841, associou-se aos institutos de mecânica de Hereford e de Neath, passando a fazer conferências sobre tecnologia e história natural (HORTA, 2003).

Em 1843, Alfred empregou-se no Collegiate School de Leicester no qual conheceu o jovem entomologista Henry Bates que o despertou interesse para a coleção de insetos e atividades de coleta. Leituras como: *Tratado sobre a geografia e a classificação dos animais*, de William Swainson e *Princípios da Geologia* do inglês Charles Lyell, mostraram-se de grande importância para a formação do jovem

naturalista. Wallace adotou sem restrições o gradualismo naturalista, transpondo-o para o seu pensamento biológico; não obstante, com o tempo, a resposta de Lyell para o repovoamento da Terra veio a lhe parecer sumamente insatisfatória. Lyell expôs criteriosamente a filosofia zoológica do escritor francês Lamarck e em seu lugar propôs o problema da extinção das espécies como resposta a tese do retorno das variedades à forma original para recompor a população extinta (HORTA, 2003).

Na cidade de Neath, Alfred lê um livro, publicado anonimamente em 1844 (apenas na última edição, de 1884, é que Robert Chambers se apresentou como o autor): os *Vestígios da Criação*, o livro concebe uma explicação natural para a origem do sistema solar e dos seres vivos. Sobre os seres vivos o autor propunha que um tipo simples e primitivo dá origem a outro acima dele, sendo assim sucessivamente até o mais alto de todos (HORTA, 2003). Essa leitura parece ter sido decisiva para convencer Wallace sobre a teoria da evolução, então chamada teoria da transmutação (AMORIM, 2009).

Graças à sua pequena fama, a Royal Geographical Society pagou sua passagem de ida, e Alfred embarcou para Singapura, seguindo e permanecendo na Oceania de 1854 a 1862. Visitou Bornéu, Java, Sumatra, Timor, Molucas, Nova Guiné, Málaca, Aru e dezenas de pequenas ilhas; fez por volta de setenta expedições, coletou 125.660 espécies, sendo mais de mil anteriormente desconhecidas (HORTA, 2003).

Em 1855, irritado com um artigo publicado por Edward Forbes sobre a interpretação não-progressiva dos fósseis, Wallace redigiu um manuscrito intitulado *Sobre a lei que regula a introdução de novas espécies*, no qual o autor apresenta-se francamente como evolucionista e apresenta um sistema natural em forma de árvore ramificada, segundo o qual haveria uma origem única das espécies pela ancestralidade comum entre elas, uma aberta oposição ao sistema lineano vigente (HORTA, 2003).

Três anos mais tarde, Wallace publica *Sobre a tendência das variedades a afastarem-se indefinidamente do tipo original* no qual o autor apresenta um mecanismo para evolução similar à seleção natural de Darwin e que reúne as noções de variação, luta pela vida e sobrevivência diferencial das variedades favorecidas (HORTA, 2003). Em fevereiro de 1858, Wallace, que estava nas Ilhas Molucas (atual Indonésia), envia a Darwin, pelo correio, um envelope com cerca de vinte páginas, com suas ideias sobre a evolução – o trabalho que seria apresentado em julho daquele ano em uma reunião da Linnaean Society of London. Nesse mesmo primeiro semestre de 1858, depois da chegada da correspondência de Wallace, Darwin escreveu a J. D. Hooker (1817 – 1911) dizendo que tinha finalmente encontrado a chave que faltava para sua teoria (AMORIM, 2009).

A despeito deste episódio existem autores, tal como Amorim (2009) e Davies (2008), entre outros, que afirmam que Darwin usufruiu das ideias de Wallace para elucidar sua teoria da Seleção Natural (SMITH, 2009). Entretanto, outros autores como Lennox (2008) e Wilkins (2009) entendem como inconsistentes as hipóteses levantadas por Davies (2008), tendo como bom argumento a favor deles o fato de que, mesmo após a morte de Darwin, Wallace nunca tenha reivindicado o menor crédito quanto à teoria darwinista (WILKINS, 2009).

1.4.2 CHARLES ROBERT DARWIN

Charles Robert Darwin (1809 – 1882), natural de Shrewsbury, inicialmente foi estudante de medicina, seguindo a tradição familiar, mas abandonou a faculdade dois anos depois de iniciada. Seguindo a segunda preferência paterna, Darwin então cursou em Cambridge, onde estudou para se tornar clérigo. Igualmente como em medicina, dedicou boa parte de seus estudos à História Natural. Em dezembro de 1831, Darwin

embarcou em uma viagem que perdurou por cinco anos, circundando o mundo e que o transformou em um naturalista conceituado (ROSE, 2000).

Durante sua viagem no HMS³ “Beagle” Darwin coletou vários espécimes biológicos, além de fragmentos de rochas e fósseis, que foram considerados à época uma enorme contribuição à História Natural. Foi nesta viagem que Darwin leu um dos livros que em muito contribuiu para sua visão dos processos evolutivos: “Princípios da Geologia” do escocês Charles Lyell (ROSE, 2000), livro que também foi lido por Wallace. O livro trata das variações climáticas globais, das erupções vulcânicas, da erosão dos solos e de seu transporte, da formação de deltas e praias, além disso, trata também dos fósseis e da distribuição dos animais no globo, observando que as mudanças biológicas e ambientais promovem a formação de fósseis nos estratos geológicos, ao contrário do que pensavam os catastrofistas (VITTE, 2009). Uma das maiores contribuições de Lyell na formulação da Origem das Espécies de Darwin, foi a noção de tempo, que permitiu a Darwin construir seu princípio de seleção natural e especiação (WOOL apud VITTE, 2009).

Após o desembarque do “Beagle”, Darwin retornou a Cambridge e pouco tempo depois se mudou para Londres. Entre o período de mudança de Cambridge para Londres, Darwin tem acesso a duas informações que lhe ajudariam na formação da sua importante teoria. Em março de 1837, o zoólogo John Gould concluiu que os pássaros coletados em Galápagos, que inicialmente Darwin achava que eram variedades da mesma espécie, eram na verdade de espécies diferentes, e que curiosamente, pareciam assemelhar-se em muito com as espécies continentais da América do Sul, o que levaria a supor de onde os ancestrais daqueles pássaros haviam migrado (ROSE, 2000).

³ H.M.S. (Her Majesty's Ship: Navio de Sua Majestade)

A segunda grande informação percebida por Darwin diz respeito a outra importante leitura. Em 1838, Darwin, como ele próprio afirmou, leu o livro do economista Thomas Robert Malthus, “An Essay on the Principle of Population” (ROSE, 2000). A teoria malthusiana baseia-se no Princípio da Escassez, pela qual a população humana tende a crescer mais rapidamente do que a produção de alimentos (progressão geométrica versus progressão aritmética) (HENRIQUES, 2007). Através deste raciocínio, Darwin começou a inferir sobre as consequências que a teoria malthusiana poderia causar, o que o levou a supor que a desigualdade de crescimento das espécies comparada com a capacidade de subsistência levaria a uma “Luta pela Existência”, sendo que, sob tais circunstâncias, as variações favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis a ser destruídas. O resultado de tudo isso é a inevitável rapidez com que todos os seres tenderiam a se multiplicar, o que em última instância levaria a formação de espécies nascentes⁴, que, na maior parte dos casos, pode acabar por converter-se em espécies verdadeiras e distintas (DARWIN, 2000).

Devido a uma série de mal-estares frequentes, Darwin mudou-se, em 1842, para o interior, por orientação médica, morando em Down House, condado de Kent (ROSE, 2000). Poucos meses antes de se mudar para Down House, Darwin atreveu-se a escrever um esboço do que seria sua teoria. Em 1844, o autor amplia seus manuscritos, para então em 1856, sob recomendação de Lyell, começar a redigir extensamente seus pensamentos (DARWIN apud FREIRE-MAIA, 1988). Entretanto, Darwin tomou providências para que sua teoria fosse publicada em caso de sua morte (ROSE, 2000). Em carta encaminhada a sua esposa Emma, em cinco de julho de 1844, Darwin faz referência a um livro. Este livro somente seria publicado em 1909 por seu filho Francis Darwin, intitulado “*A Origem das Espécies, Esboço de 1842*”:

⁴ Espécie nascente (ou *incipient species*) é o nome adotado por Darwin para denominar as variedades.

Eu apenas terminei meu esboço da minha teoria das espécies. Se, porque eu acredito que minha teoria é mesmo verdadeira; se for mesmo aceita por um juiz competente, será uma etapa considerável na ciência. Eu escrevo conseqüentemente isto, em caso de minha morte súbita, como meu mais solene e o último pedido, que eu estou certo que você considerará como se fosse legalmente a minha vontade, da qual você dedicará 400£ à sua publicação e promoverá você mesma, ou através de Hensleigh⁵, dado o trabalho em promovê-lo (tradução nossa, DARWIN, 1844).

O curso da publicação tomou novos rumos quando, em 1858, Darwin recebeu uma carta acompanhada do artigo “*On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original types*” do zoólogo Alfred Russel Wallace, que descrevia uma teoria de ação conjunta da variação e da seleção natural, produzindo evolução. Temendo Wallace ser conhecido como único elaborador da teoria pensada por ele por mais de 20 anos, sob orientação de Lyell, Darwin envia seu manuscrito junto ao artigo de Wallace para o “*Journal of the Proceeding of the Linnean Society*”, para assim os dois obterem o status de co-autores da importante teoria da evolução (DARWIN apud FREIRE-MAIA, 1988; ROSE, 2000).

No ano seguinte, Darwin publica o livro que se tornaria um marco histórico e revolucionaria o meio científico: *Sobre a Origem das Espécies por meio da Seleção Natural ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida* (1859). Com este livro Darwin explorou três características gerais da vida que eram intrigantes para a época: o parentesco entre as espécies, a diversidade de espécies e a adaptabilidade das espécies (ROSE, 2000). Baseado nestas três características é que Darwin discorre em seu livro, tendo em mente dois pontos importantes: a origem comum das espécies e a seleção natural (DARWIN, 2000).

Segundo Freira-Maia (1988) nas edições subsequentes de seu livro, Darwin modifica suas ideias originais, incluindo informações, alterando outras ou excluindo

⁵ Hensleigh Wedgwood era irmã de Emma Wedgwood e prima de Charles Darwin.

dados. Na quinta edição aparece pela primeira vez a expressão: “sobrevivência dos mais aptos” (*survival of the fittest*) e na sexta o autor altera o próprio título do livro, intitulado apenas como: *A Origem das Espécies* (1872). Segundo Cunha (apud FREIRE-MAIA, 1988), a primeira edição pode ser considerada a que possui os conhecimentos mais próximos dos aceitos atualmente, pois nas edições subsequentes o autor produziu erros comuns à sua época ou inventou hipóteses *ad hoc*, com o objetivo de refutar as objeções que foram surgindo contra sua teoria. Próximo ao centenário da publicação do *Origin* (1859) o professor americano Morse Peckham resolveu reunir as seis edições do livro em um único volume, no qual o autor redigiu um longo prefácio sobre a obra, relatando particularidades de grande interesse para compreensão da mesma e de seu autor (FREIRE-MAIA, 1988).

1.5 A CONSTRUÇÃO DA TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

Segundo Ernest Mayr (1904 - 2005), após a publicação de *A origem das Espécies* de Darwin em 1859, uma polêmica em relação à transmissão de características se arrastou, por 80 anos, entre darwinistas e não-darwinistas.

[...] a teoria de Darwin apresentava uma séria falha. Ele desconhecia tudo a respeito das causas da variação hereditária, e suas opiniões a respeito não eram nem lógicas, nem coerentes (STEBBINS, 1970, p. 16).

Adepto da teoria da Pangênese⁶, Darwin por vezes aceitou em seus trabalhos a herança dos caracteres adquiridos dos indivíduos durante a vida, para, então, rejeitá-los em outros trabalhos, o que despertava a crítica dos cientistas. Fleeming Jenkin, principal crítico darwinista, indicava que a seleção natural não poderia escolher os

⁶ Pangênese: teoria que considerava as substâncias hereditárias como de natureza fluida e o caráter intermediário dos híbridos entre raças ou outras criações como resultante de uma mistura, em seus corpos, de fluidos dos ascendentes (STEBBINS, 1970).

melhores fluidos em uma mistura (STEBBINS, 1970), o que refutava a lógica e a coerência darwinista.

Acreditou-se, então, que as “redescobertas” dos trabalhos de Mendel, em 1900, trariam consenso entre os cientistas, por esclarecer as questões de variabilidade não explicadas por Darwin. Entretanto, não foi o que se constatou, pois os primeiros mendelianos rejeitaram a evolução gradual e a seleção natural. Por outro lado, os naturalistas aceitavam a herança por mistura, ao invés da herança particulada de Mendel e vacilavam entre seleção natural e a herança dos caracteres adquiridos. Sendo assim, por meados de 1930 acreditava-se que não haveria consenso entre as partes em um futuro próximo.

Entretanto, em 1908, a publicação dos estudos de G. H. Hardy e Wilhelm Weinberg, nos quais postulam sobre as frequências gênicas e genotípicas, que permanecerão constantes na população ao longo das gerações, independentemente das frequências iniciais. Além de estabelecer que o equilíbrio das frequências genotípicas seja estabelecido após uma geração aleatória de acasalamento, abriu caminho para uma brilhante escola de geneticistas de populações (SENE, 2008). Em 1926, o cientista russo Sergei S. Chetverikov (1880 – 1959) publica seu trabalho: *Sobre certos aspectos de processos evolutivos sob o ponto de vista da moderna Genética*, cujo foco inicial das pesquisas, levaram à formação da teoria sintética e teve como base o Instituto Koltsov, em que Chetverikov iniciou suas pesquisas (FREIRE-MAIA, 1988).

Paralelamente Inglaterra e Estados Unidos desenvolveram, através de sofisticada análise matemática, as bases teóricas da Genética de Populações. Em 1930, R. A. Fisher na Inglaterra, publicou sua importante obra: *The Genetica Theory of Natural Selection*. Sewall Wright, em 1931 nos Estados Unidos, publicou seu importante trabalho: *Evolution in Mendelian populations*. J. B. S. Haldane, em 1932 na Inglaterra, publicou seu clássico livro: *The Causes of Evolution* (FREIRE-MAIA, 1988). Os quatro autores

acima citados podem ser considerados teóricos fundadores das bases matemáticas da genética de populações, o que, em outras palavras, representa serem reconhecidos como precursores da teoria sintética (STEBBINS, 1970; CUNHA, 2009).

Alcançando uma segunda fase, em 1937, o naturalista e geneticista ucraniano⁷ Theodosius Dobzhansky (1900 – 1975), em seu livro *Genetics and the origin of species*, permitiu integrar as opiniões discordantes, inicialmente citadas. Em seu livro o autor reforça duas importantes ideias da biologia evolutiva:

[...] a manutenção (ou aperfeiçoamento) da adaptação através da troca de gene no pool genético e as mudanças populacionais que levam à nova biodiversidade, particularmente a novas espécies (MAYR, 2008, p. 261).

Outros autores contribuíram para complementar a Teoria Sintética evolucionista como: Ernst Mayr, em 1942, com seus conceitos de espécies e especiação; Julian Huxley, em 1942, com seu livro que sintetizou os pensamentos da época; G. G. Simpson, em 1944, com seu entendimento de táxons superiores e macroevolução; e G. L. Stebbins, em 1950, por seus estudos genéticos com plantas (MAYR, 2008).

Paralelamente, na Alemanha⁸, estudos colaboraram na construção da Teoria Sintética, sendo destaque os trabalhos do cientista russo Nikolay Timofeev-Ressovsky, aluno de Chetverikov e sua escola, que realizaram as primeiras investigações genéticas alemãs, numa linha como a original soviética, de profunda importância para elaboração desta teoria (FREIRE-MAIA, 1988). Bernhard Rensch, em 1947, popularizou a síntese moderna neste mesmo país (MAYR, 2008).

Em 1952, quando Julian Huxley completou 65 anos, um grupo de cientistas, predominantemente ingleses, reuniu-se para publicar uma coleção de ensaios sobre “a

⁷ Ex-URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas).

⁸ Vale lembrar que na época da construção da síntese evolucionista (1930 – 1950) o mundo encontrava-se no período entre as grandes guerras e pós-segunda guerra mundial, o que coloca a Alemanha de Hitler com dificuldades de acesso as informações produzidas em países como EUA, Inglaterra e França. Este fato possibilita a utilização da ideia de uma construção paralela da síntese evolucionista na Alemanha.

evolução como um processo”, na qual todos os autores assinaram uma Introdução em homenagem ao autor de *Evolution, the Modern Synthesis*, conferindo a esta reunião de trabalhos o epíteto de Teoria Sintética da Evolução (STEBBINS, 1970; CUNHA, 2009).

Sendo assim, como forma de explicitar a moderna síntese evolutiva é destacado o trabalho intitulado “Processos de evolução orgânica”, de G. Ledyard Stebbins, de 1970. A escolha do dado autor justifica-se por dois fatores: (1) por ser Stebbins um dos autores que possibilitaram a construção da Síntese Evolucionista; (2) pelo acesso fácil à fonte primária, o que representa uma importante fonte de dados documental.

Ao iniciar o livro o autor ressalta em seu prefácio:

Tenho convicção que penetramos numa nova era no que diz respeito aos estudos relativos à evolução. A estrutura fundamental foi solidamente construída e não é provável que venha ser destruída ou radicalmente modificada por futuras pesquisas (STEBBINS, 1970, prefácio).

Após expressar sua convicção quanto à teoria que defende, Stebbins (1970) demarcando dois conceitos unificadores da biologia moderna: 1) o conceito de organização, pelo qual os seres vivos devem sua natureza à maneira como os componentes se organizam em padrões ordenados, bem mais permanentes que a própria substância; 2) os conceitos de hereditariedade e de evolução, entendendo que há semelhanças entre os organismos porque estes receberam elementos hereditários de algum ancestral comum, fundamentalmente os cromossomos de seus núcleos, que são semelhantes pelas substâncias que contêm e pelo modo em que estas substâncias estão organizadas. As ideias gerais de organização, hereditariedade e evolução são princípios básicos para a atual definição de organismo, personagem central da Biologia, como defendido por Meglhioratti (2009).

Ao longo de seu livro o autor discorre em relação aos cinco tipos básicos de processos reconhecidos pela Teoria Sintética da Evolução: *mutação gênica*; *variações*

na estrutura e número dos cromossomos; recombinações genéticas; seleção natural; isolamento reprodutivo. Os três primeiros fornecendo a variabilidade genética, sem a qual não poderia haver mudança; a *Seleção Natural* e o *Isolamento Reprodutivo* orientando as populações de organismos em diferentes linhas adaptativas (STEBBINS, 1970).

Além disso, três processos acessórios podem afetar o trabalho desses cinco processos básicos: a *migração* (de indivíduos de uma população para outra); a *hibridação* (entre raças ou espécies estreitamente relacionadas); e o *acaso* (atuando em pequenas populações, podendo altear a maneira pela qual a seleção natural guia o curso da evolução). Tanto hibridação, quanto migração pode aumentar o total de variabilidade genética à disposição de uma população (STEBBINS, 1970).

Por fim, frente à exposição da construção e da síntese evolucionista, evidenciam-se algumas das previsões quanto ao futuro da evolução, na ótica de um dos autores que contribuíram pra elaboração desta teoria:

[...] a evolução no futuro está destinada a ser dominada pela evolução cultural da humanidade (STEBBINS, 1970, p. 243).

Esta afirmação refere-se à grande influência causada pela ação antrópica no ambiente, pois, segundo Stebbins (1970), progressivamente determinados animais e plantas disseminarão e evoluirão por vontade humana ou do subsequente ambiente criado pelos mesmos. Sendo assim, cada vez mais a cultura imporia influência sobre a evolução humana, atribuindo a evolução orgânica papel subordinado, o que poderia levar a uma seleção estabilizadora da espécie humana (STEBBINS, 1970).

1.6 AS DISCUSSÕES ATUAIS SOBRE EVOLUÇÃO

Os caminhos atuais da pesquisa biológica apontam para uma nova forma de entender a evolução, baseada, em parte, numa síntese entre biologia evolutiva e biologia do desenvolvimento. Segundo El-Hani e Meyer (2009):

Hoje, a biologia evolutiva do desenvolvimento, ou *evo-devo*, vem contribuindo para um *pluralismo de processos*, a ideia de que a compreensão da evolução requer uma série de mecanismos operando de modo complementar. Entre eles, temos as restrições ao processo evolutivo⁹ (EL-HANI; MEYER, 2009).

Ao se deparar com as discussões atuais sobre a evolução, somos levados a reconhecer a importância da biologia molecular para as explicações sobre a natureza das variações genéticas que propiciam o processo evolutivo. A Biologia Molecular, originalmente, foi proposta para descrever como os fenômenos biológicos podem ser compreendidos, fundamentalmente, pelo conhecimento das estruturas das moléculas e das interações e das alterações destas. Gradualmente foi sendo utilizada para designar, mais especificamente, as pesquisas relacionadas aos genes, para, então, em 1953 correlacionar a estrutura-função com a proposição da dupla hélice (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Após a proposição da estrutura do DNA, por Watson e Crick em 1953, a maneira como a mesma era organizada imediatamente sugeriu como a replicação poderia ocorrer e, indiretamente, como a molécula carregaria a informação para a produção de proteínas (JABLONKA; LAMB, 2010). Assim, os estudos biomoleculares subsequentes propiciaram Mayr (2009) afirmar que as mais importantes proposições

⁹ As restrições ao processo evolutivo podem ser entendidas como limitações para possíveis inovações, decorrentes das mudanças evolutivas no desenvolvimento de uma população. Além disso, as restrições contribuem alterando a direção e a velocidade da evolução, pois a direção da mudança na distribuição de características é influenciada tanto pela seleção quanto pelas características dos processos de desenvolvimento, que resultam em restrições (EL-HANI; MEYER, 2009).

feitas por esta ciência, que podem contribuir para o entendimento dos processos evolutivos são: a) o material genético não apresenta em si o mesmo material usado para construir um novo organismo, apenas informações para a confecção das proteínas responsáveis pelo fenótipo; b) as proteínas e suas informações não podem ser traduzidas de volta aos ácidos nucleicos que as originaram; c) quase todos os mecanismos moleculares básicos são idênticos em todos os seres vivos, do reino Monera ao Animal¹⁰.

No entanto, apesar das várias inferências propostas pela biologia molecular para a compreensão dos mecanismos evolutivos, algumas questões em evolução ainda não foram respondidas, por exemplo, como alguns processos evolutivos são ligeiramente rápidos enquanto outros são processos de estagnação extremamente longos (MAYR, 2009).

Uma proposta para tentar responder esta questão encontra-se na teoria do Equilíbrio Pontuado de Gould e Eldredge (1993), na qual a estagnação, comumente vista como ausência de evolução, é repensada como um acúmulo de eventos discretos no processo de especiação. Os autores propõem outra forma de interpretar o gradualismo geológico, segundo o qual as pontuações, representadas pelo registro fóssil, signifiquem mudanças e a estagnação reflita a história de populações bem sucedidas (GOULD; ELDREDGE, 1993).

¹⁰ As descobertas produzidas pela biologia molecular demonstram que há novos mecanismos de herança, como a epigenética, o que nos leva a considerar outra forma de transmissão de caracteres que não apenas via DNA. A herança epigenética descreve a capacidade de diferentes estados, que podem ter diferentes consequências fenotípicas, serem herdados sem qualquer alteração na sequência do DNA (LEWIN, 2009, p. 189). Isto inclui estudos de como os padrões de expressão são passados para os descendentes; como ocorre a mudança de expressão espaço temporal de genes durante a diferenciação de um tipo de célula; e como fatores ambientais podem mudar a maneira como os genes são expressos (SALVATO, 2007).

Os autores defendem a visão de processos evolutivos baseados na teoria de especiação peripátrica de Mayr¹¹, na qual a população central manter-se-ia inalterada (estagnação) e os grupos periféricos herdariam combinações de genes diferentes, de modo a modificar-se rapidamente (pontuações). Esse mecanismo permitiria explicar, por exemplo, mudanças bruscas e ausência de fósseis de formas intermediárias, visto que o tamanho reduzido das populações modificadas diminuiria as chances de deixarem vestígios. Já as grandes populações centrais mudariam menos e teriam mais condições de produzir registro fóssil (MEYER; EL-HANI, 2005).

Outra controvérsia encontra-se na discussão neutralismo-selecionismo. Os cientistas evolutivos priorizam suas discussões e esforços para entender o papel de inúmeros mecanismos no processo de evolução. O interesse é tentar desvendar qual a relativa importância da deriva genética e da seleção natural na determinação da mudança evolucionária (MORALES, 2009). As discussões visam descobrir se a maior parte das variantes para uma determinada característica é neutra, e, portanto, fixada ou eliminada através de deriva genética (variações na frequência gênica por meio do acaso) ou se a maior parte das variantes apresenta valor adaptativo, ou seja, estão sendo fixadas por meio da seleção natural. Apesar da controvérsia, os cientistas não apresentam pontos de vistas extremados, e aceitam a existência tanto de variantes neutras, quanto com valor adaptativo. O que se discute é a quantidade de variantes neutras dentro da população (MEGLHIORATTI, 2004; MORALES, 2009).

Ainda, deve-se recordar que o fato da ciência não ter todas as respostas sobre os mecanismos evolutivos, evidencia a ciência enquanto construção do conhecimento. Além disso, as várias tentativas de se refutar as premissas básicas do darwinismo

¹¹ Especiação peripátrica: teoria segundo a qual uma população parental pode se separar em populações fundadoras da mesma espécie por uma barreira natural e, assim, evoluir de forma independente. Estas populações fundadoras por serem quase sempre pequenas, empobrecidas, em termos genéticos, e estarem expostas a uma maior pressão seletiva em novos ambientes; encontram-se em uma situação ideal para se evoluir e se adaptar (MAYR, 2009).

(origem comum das espécies e seleção natural) foram invalidadas, e ainda nenhuma teoria oposta bem-sucedida foi proposta nos últimos cinquenta anos (MAYR, 2009).

Após se evidenciar brevemente os aspectos históricos que configuram a construção do conceito de evolução biológica, inicia-se um panorama geral sobre a aprendizagem de conceitos científicos para se focar, então, nas discussões, em relação ao Ensino de Evolução, que regem o aprendizado do tema central desta pesquisa.

CAPITULO 2. O ENSINO E A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

Neste capítulo, objetiva-se a partir da literatura: (1) destacar alguns aspectos referentes aos obstáculos epistemológicos para a aprendizagem de conceitos científicos, visto que a pesquisa envolve a questão conceitual de evolução biológica; e (2) discutir pesquisas relacionadas ao ensino de evolução, buscando evidenciar as dificuldades na compreensão do conceito de evolução biológica e as possibilidades desse conceito constituir um eixo unificador do ensino de biologia.

2.1 O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Segundo Hamburger et al. (2007, p. 11), “a formação científica deve ser um componente central da educação desde os anos iniciais”. Ao se refletir sobre esta afirmação, possibilitou-se considerar que um dos maiores desafios de quem se propõe a trabalhar com ensino de ciências é como tornar acessíveis os conhecimentos científicos de forma significativa, considerando o que o aluno já conhece e não gerando distorções conceituais durante sua formação escolar.

Queiroz (2006) indica que no âmbito escolar ainda prevalecem didáticas conservadoras respaldadas na reprodução do conhecimento. A autora alerta sobre a

necessidade de reconhecer que práticas pedagógicas assentadas nas concepções reprodutoras de conhecimentos não contribuem em nada para a formação do indivíduo e sua inserção como cidadão na sociedade. A educação deve ser entendida como formação plena do indivíduo, compreendendo que a aprendizagem resulta da ação consciente de quem aprende. Nessa perspectiva, cabe ressaltar elementos como o diálogo, a crítica, a reflexão e o respeito como condições essenciais da formação humana (QUEIROZ, 2006).

Sendo assim, para que a formação científica possibilite o processo de ensino/aprendizagem, entende-se que a relação professor, aluno e ensino de conceitos científicos deva constituir uma tríade em que haja convergência dos estudos teóricos e práticos de diferentes domínios do conhecimento, entre eles didática, teoria de aprendizagem, estudos linguísticos e cognitivos, história e epistemologia do conhecimento científico e as diferentes áreas do conhecimento em ciências naturais (CALDEIRA, 2009). Segundo a autora, para ensinar conceitos científicos é preciso fundamentalmente preocupar-se com o desenvolvimento cognitivo dos alunos, selecionando conceitos apropriados e usando vocabulário conhecido. Com isso, aproxima-se gradualmente estes estudantes da linguagem científica, propiciando, o desenvolvimento das habilidades do pensar que possibilitarão a aprendizagem, em que as nomenclaturas aprendidas expressem o conceito e sua natureza (CALDEIRA, 2009). Logo, pode-se afirmar que o aprendizado resulta da ação de quem está aprendendo sobre sua realidade e não da imposição de outrem sobre a ação do aprendiz. O diálogo, imbricado no ato de perguntar, na prática da liberdade, é condição indispensável da formação humana. Essa compreensão permite considerar como questão central o compromisso do educador para com a sociedade, a educação, a escola e o educando (QUEIROZ, 2006).

Após problematizar o papel do professor no ensino/aprendizado dos alunos, convém refletir a maneira como os conceitos são engendrados, se o foram por meio de um modelo, uma teoria, um fato, uma descrição ou uma narrativa científica, ou ainda, se foram calcados por um pluralismo de interpretações. Entender também a que suportes metodológicos os pesquisadores recorreram para construir as interpretações e, por fim, analisar o contexto de construção e de justificação científica (CALDEIRA, 2009). Pois se entende que a ciência se faz por meio de um processo complexo que envolve a construção de representações mentais e construção de significados, tanto de termos referentes à ciência, quanto ao entendimento de como os conceitos foram construídos.

Neste processo de aprendizagem o aluno necessita vencer os obstáculos epistemológicos, acompanhando o desenvolvimento histórico - científico da transformação conceitual. Portanto, é importante ao professor fornecer subsídios e facilitar a construção de representações para que tal processo possa ocorrer. Assim, habilidades do pensar (específicas à produção de conhecimentos biológicos) devem ser construídas ao longo da escolarização, para que o aluno possa associar o conceito à nomenclatura científica, abrindo espaço à reflexão sobre o conhecimento científico (CALDEIRA, 2009).

Nessa possibilidade de construção de representações significativas reside a boa atuação do professor mediando a construção conceitual. Se não atingida plenamente, pode gerar distorções difíceis de serem corrigidas ao longo da escolarização. Sendo assim, buscou-se elucidar aspectos que poderiam potencializar ou dificultar a atuação docente na relação de ensino/aprendizagem do conceito científico, visto que esta pesquisa tem como objetivo a análise da compreensão do conceito de evolução biológica de professores em formação inicial. Na sequência, aprofunda-se nas questões relacionados ao ensino de evolução.

2.2 O ENSINO DE EVOLUÇÃO

O ensino de evolução é a área do ensino de biologia responsável por levar didaticamente as discussões evolutivas existentes no âmbito científico para o contexto educacional. E, de uma forma geral, dentro desta esfera de conhecimento, Bizzo (1991) argumenta que existe uma divisão entre aquilo que se ensina e aquilo que se aprende, verificando que um dos problemas encontrados no ensino é a distância entre o conhecimento produzido pelos cientistas em suas pesquisas e o resultado do processo de ensino na mente dos estudantes.

Mais especificamente no ensino de evolução o distanciamento proporcionado entre ciência e ensino pode ser verificado ao se observar as sete dificuldades, encontradas pelo autor, na aprendizagem dos conceitos relacionados ao tema evolução:

- (1) Recursos metafóricos: necessidade deste tipo de estratégia para o ensino, no entanto, com a devida cautela em seu uso, evitando a produção de dubiedade no entendimento;
- (2) Terminologia e conceituação: a formalização de conceitos em sala de aula não pode preceder sua formação na mente dos estudantes;
- (3) A natureza do conhecimento científico: mostrando o caráter dinâmico da ciência (recebendo influências de seu contexto físico e social);
- (4) O “enfoque evolutivo” do ensino e a “aprendizagem acidental”: cuidado na utilização de um enfoque evolutivo, pois a utilização do mesmo de forma não adequada pode gerar um efeito danoso no processo de aprendizagem, ao transparecer certa linearidade nos eventos evolutivos, segundo o qual os seres vivos teriam uma tendência à complexidade;
- (5) Grande imbricamento social: presença de discursos que transmitem ideias de progresso e adaptação (como forma de ajustamento individual às condições de vida);
- (6) Teoria genética e Teoria Evolutiva: a errônea percepção de que a aprendizagem das Leis de Mendel implica no entendimento de

hereditariedade; (7) Evolução do Homem: necessidade de maior destaque a este tema devido ao grande interesse dos estudantes, salientando a importância de um bom preparo dos materiais didáticos, dos professores e do reconhecimento das questões filosóficas, éticas e morais inclusas neste tipo de debate.

Os três primeiros pontos apresentados podem ser entendidos como obstáculos comuns ao ensino de conceitos científicos, pois se referem ao uso da linguagem e sua respectiva compreensão. Já os últimos quatro itens contêm dificuldades específicas do ensino de evolução e de conceitos diretamente relacionados a ele.

Em pesquisa realizada em Brasília (DF), em 1997, Tidon e Lewontin (2004) levantaram os problemas observados em professores que trabalham com conteúdos de evolução biológica. Neste estudo, os professores relataram como obstáculos no ensino de evolução biológica: falta de material didático adequado, currículo escolar e falta de preparo dos alunos para compreensão desse assunto. Com relação a estes livros didáticos, os mesmos ainda não tinham sido avaliados pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), sendo que após a implantação do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM/2007) muitos problemas relacionados aos livros didáticos foram solucionados. Já com o currículo, o problema levantado constituía-se na falta de tempo hábil para o desenvolvimento do tema. E por último, os professores consideravam os alunos do ensino médio imaturos e/ou com base teórica insuficiente para compreender o processo de evolução biológica (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Em outro artigo, mas ainda utilizando-se da mesma coleta de 1997, foi possível constatar que, quando indagados sobre padrões e processos evolutivos, quase a metade dos 71 professores de Ensino Médio do Distrito Federal, que foram entrevistados, demonstrou concepções distorcidas do processo evolutivo. Estes professores ao responder um questionário, proposto pelos autores da pesquisa, afirmaram que a

evolução biológica é direcional, progressista e que ocorre em indivíduos (ao invés de populações) (TIDON; VIEIRA, 2009). Os autores ainda afirmam que essas concepções equivocadas encontradas entre professores são muito difundidas em várias partes do mundo.

Meghioratti (2004, p. 120) aponta outras dificuldades específicas encontradas em alunos de graduação de um curso de Ciências Biológicas, em relação à temática evolutiva:

[...] o aspecto cronológico (a dificuldade em abstrair um processo que ocorre em milhões de anos); o aspecto religioso, tanto para abordar o assunto, como em relações as próprias crenças; e a abstração do conceito de evolução, um conhecimento que envolve inúmeros conceitos, e que necessita de um raciocínio populacional em uma escala de tempo de milhões de anos.

Frente ao exposto, faz-se necessário ao professor cautela no desenvolvimento de atividades de ensino de evolução que levem em consideração as ideias que os estudantes possuem, de maneira que estas não se coloquem como empecilho ao processo de ensino e aprendizagem e, sim, alterando a cultura cotidiana prévia, incorporando novos conhecimentos às concepções primordiais enraizadas. Isto pode possibilitar ao docente criar estratégias para abordar o tema de estudo de forma em que, ao mesmo tempo em que respeita a crença religiosa professada pelos alunos, lhes dá subsídios para avançar no conhecimento científico historicamente construído e aceito (SILVA; LAVAGNINI; OLIVEIRA, 2009). Bastos e Nardi (2009) afirmam que as práticas educativas no ensino de Ciência, devem prescindir da pluralidade de interpretações em relação às questões teóricas, devido às diferentes possibilidades para a aprendizagem em Ciências e os limites de alcance das diferentes abordagens de ensino.

Além de se discutir as dificuldades apresentadas por professores, considera-se importante investigar a abordagem de evolução biológica inserida nos livros didáticos, devido ao fato do livro didático ser o principal meio de divulgação científica na escola

brasileira (KAWASAKI; EL-HANI, 2002) e principal base de conhecimento e preparação das aulas dos professores (MEGLHORATTI, 2004).

Em relação ao assunto “evolução biológica” nos livros didáticos, Cicillini (1991) considera que estes conteúdos estão muito mais concentrados em capítulos específicos, do que em outros capítulos, o que a autora entende como inadequado, visto que a Teoria de Evolução é vista, por muitos pesquisadores, e pelo próprio MEC, como estruturante de toda a Biologia. Outro ponto salientado pela autora é a linearidade dos eventos apresentados pelos livros, o que, em sua visão, é destituída de qualquer contradição ou conflito com outras concepções possíveis que poderiam gerar polêmicas, o que pode proporcionar um panorama consensual e simplista da ciência. A utilização de linhas evolutivas como acontecimentos prováveis, porém sem qualquer menção de outras possibilidades, reafirmam o aspecto linear e simplista, transparecendo a ideia da existência de verdades absolutas na ciência (CICILLINI, 1991).

Em trabalho que analisou sete livros didáticos utilizados na cidade de Taubaté-SP, editados entre 2001 e 2006, Dias e Bortolozzi (2009) verificaram que os mesmos apresentavam não mais que 5,42% de páginas destinadas ao tema Evolução, o que reafirma os dados encontrados por Cicillini (1991). Outro ponto levantado pelos pesquisadores foi que, apesar de alguns materiais didáticos (apostilas de instituições privadas) trazerem todos os tópicos indicados pelas Propostas Curriculares Nacionais (PCN), os mesmos não tratavam devidamente os conceitos, algumas vezes apenas citando a terminologia. Já os materiais destinados ao sistema público de ensino não apresentavam alguns conceitos indicados pelas propostas curriculares para o ensino médio.

Por fim, é problemática a utilização de termos que induzem a distorções da própria compreensão de evolução como é o caso dos conceitos de adaptação e

diversidade. O uso da palavra “adaptação” desprendido da ideia de processo, em expressões que possibilitam o entendimento do conceito com sentido de resultante do processo evolutivo, pode gerar a compreensão de adaptação como resposta direta a fatores adversos (CICILLINI, 1991). Mayr (2009) afirma que, apesar das grandes possibilidades científicas para se definir este termo, a maioria dos estudiosos concorda que a adaptação é uma propriedade de um organismo, quer seja uma estrutura, um traço fisiológico, um comportamento ou qualquer outro atributo cuja existência favoreça o indivíduo na luta pela sobrevivência. É preciso ter em mente que a adaptação não é um processo teleológico, mas o resultado posterior a uma eliminação (ou seleção sexual).

Já para a palavra “diversidade” além de ser empregada em um sentido genérico, muitas vezes emprega-se o termo associado à ideia de variabilidade, mostrando a diversificação dos seres vivos em diferentes níveis de classificação (geralmente filo, classe ou ordem). Em termos evolutivos, diversidade empregada no sentido de variabilidade só tem sentido quando referente ao âmbito da espécie (CICILLINI, 1991).

Nesse tópico, evidenciou-se algumas dificuldades encontradas no Ensino de Evolução reveladas pela literatura científica. A seguir discute-se como o uso da história e filosofia da Biologia pode ser usada como ferramenta do ensino de evolução biológica.

2.3 O CONCEITO DE EVOLUÇÃO E O USO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA BIOLOGIA

Como já discutido, o conceito de evolução biológica é considerado de grande importância para a Biologia e isto pode ser verificado no trecho a seguir:

Normalmente quando se menciona a importância da Evolução Biológica na Biologia, bem como no ensino, costumamos lembrar da célebre frase do geneticista Theodosius Dobzhansky (1973), ao escrever um artigo intitulado “Nada faz sentido em Biologia exceto à luz da Evolução”. Essa afirmação

atribui à Evolução Biológica um caráter unificador dentro dessa Ciência, tornando o conhecimento de conceitos e processos que a ela dizem respeito, fundamentais para a compreensão de uma série de outros conteúdos biológicos, como por exemplo, Ecologia e Genética (GOEDERT, 2004, p. 46).

Como pôde ser visto, a teoria da evolução é considerada um eixo unificador do conhecimento biológico e no contexto do ensino isso está sustentado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999). Esse documento defende em seu texto que os conteúdos biológicos devem estar, nas situações de ensino, articulados, contextualizados historicamente e embasados nas relações ecológicas e evolutivas entre os seres vivos. Segundo BRASIL (1999), a relevância de ensinar evolução está associada ao fato de que os conceitos inerentes a sua compreensão estarem interligados a outros conceitos da biologia, podendo servir de referência aos alunos para analisarem questões que acompanham a história da humanidade, como a origem da vida, da vida humana e seu futuro no planeta. Indica ainda a ação humana nas transformações biológicas e sua interferência nos aspectos evolutivos, como pode ser visto no trecho a seguir:

Compreender a organização sistêmica da vida é essencial para perceber o funcionamento do planeta e a ideia de que as modificações ocorridas em determinados componentes do sistema interferem em muitos outros, alterando as interações e, não raramente, desorganizando-as definitivamente ou por um longo tempo, até que se equilibrem novamente. A noção de sistema também põe em evidência o fato de que o ser humano é, ao mesmo tempo, agente e paciente das transformações e possibilita dimensionar o significado dessas modificações para a evolução e permanência da vida no planeta (BRASIL, 1999, p.51).

Em seu trabalho, no qual analisa a construção histórica do conceito de evolução biológica, Meglhioratti (2004) afirma que o conhecimento de Biologia está fundamentado na teoria sintética da evolução, sendo assim, seria coerente acreditar que o ensino de Biologia realizado na educação básica (ensino fundamental e médio) também estivesse pautado nesta condição. Segundo Tidon e Vieira (2009), as novidades

e os desdobramentos ocorridos nos últimos 150 anos proporcionaram à Teoria da Evolução não apenas explicações quanto à diversidade da vida, mas, também, excelente oportunidade de análise e reflexões, desenvolvendo espírito crítico àqueles que a estudam. Isto se deve ao fato de que a biologia evolutiva é considerada o eixo transversal, percorrendo todas as áreas das ciências biológicas, atingindo, inclusive, alguns segmentos das ciências exatas e humanidades. Por essas razões, o ensino dessa teoria contribui para formar uma cidadania informada, capaz de tomar decisões pensadas e de se adaptar a mudanças da sociedade (TIDON; VIEIRA, 2009).

Entretanto, Cicillini (1991) verificou que isso não vem ocorrendo e de forma geral, pois o que tem ocorrido é um ensino compartimentalizado, no qual, os aspectos evolutivos, que deveriam ser uma das diretrizes para a construção do conhecimento biológico, têm sido vistos como temáticas isoladas, muitas vezes presentes apenas nos últimos capítulos dos livros didáticos. Cicillini (1991) argumenta que, desde sua origem, a Biologia tem-se dividido em áreas de conhecimento com objetos de estudos cada vez mais delimitados e que, em decorrência disto, os métodos de investigação diversificaram-se, ocorrendo, então, um processo de fragmentação deste conhecimento.

Esta visão de ciência fragmentada, descaracterizando o conceito de Evolução Biológica como eixo unificador, também, é corroborada por Meghioratti (2004). A autora sugere, como forma de minimizar as dificuldades criadas pela compartimentalização no ensino, a utilização da História e Filosofia da Ciência como ferramenta unificadora dos vários conceitos da Biologia, como pode ser visto no excerto abaixo:

Um espaço para discutir a História e Filosofia da Ciência poderia contribuir para o professor ver a ciência como um tipo de conhecimento específico, que convive com outros tipos de conhecimento. Em uma disciplina de História e Filosofia da Ciência poderia se destacar os tipos de conhecimentos e os contextos adequados de sua utilização. Assim, o professor poderia discutir as diversas formas de conhecer o mundo, sem perder a noção de que a educação formal é um contexto privilegiado para discutir aspectos dos conceitos

científicos e o conceito de ciência (MEGLHIORATTI, 2004, p. 217).

Os PCNEM apontam, também, a importância de elementos da História e da Filosofia da Biologia para possibilitar aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e os contextos sociais, econômicos e políticos (BRASIL, 1999).

Matthews (1994) concorda que o uso da História e Filosofia da Ciência podem contribuir no aprendizado de conceitos científicos, ao propiciar um ensino crítico e estimulante em tópicos específicos, por aumentar as taxas de participação dos alunos. O autor ainda afirma que os professores são os responsáveis por permitir aos estudantes que estes compreendam que a ciência é fruto do seu contexto histórico, filosófico e cultural.

Apesar de Carneiro e Gastal (2005) apontarem que a inclusão da perspectiva histórica no ensino de ciências é defendida por muitos pesquisadores da área de ensino de ciências (tais como, MATTHEWS, 1994; PRETTO, 1985, SEPULVEDA; EL-HANI, 2009), acreditam que ainda falta uma análise crítica: do tipo de história veiculada nos livros didáticos e no contexto da sala de aula; e de como a concepção de História e Filosofia das Ciências deva ser trabalhada nos diferentes níveis de escolaridade. Dessa forma, para Carneiro e Gastal (2005), o que se deveria ser questionado é a concepção de história que se deseja veicular, e não a sua presença ou ausência (CARNEIRO; GASTAL, 2005). As autoras ressaltam que ao se incorporar a História da Ciência no Ensino de Ciências deve ser evitada algumas visões distorcidas da ciência, como: uso de histórias anedóticas; a utilização de dados que levam a uma compreensão linear dos fatos; a aparente consensualidade de pensamentos dos cientistas; e a ausência de uma contextualização mais ampla.

A respeito da forma como A História e Filosofia da Ciência devam ser trabalhada no ensino de evolução, Sepúlveda e El-Hani (2009) propõem não apenas o uso da historiografia da ciência, mas trabalhar a leitura de textos originais de autores que colaboram para a construção do conceito de evolução biológica e, além disso, propiciar questionamentos que possibilitem a compreensão da natureza dos conhecimentos científicos.

Após evidenciar as contribuições e as dificuldades na utilização da História e Filosofia da Ciência/Biologia, discute-se a questão da formação inicial do professor, bem como a importância do professor reflexivo, levando-se em consideração o Ensino de Evolução.

2.4 A FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR REFLEXIVO VISANDO O ENSINO DE EVOLUÇÃO

Nos cursos de formação de professores a construção dos saberes e das competências profissionais docente, teoricamente é realizada considerando duas dimensões: uma diz respeito à formação teórico-científica, constituída pelas disciplinas de cada área ou curso (MENDES, 2005). A segunda dimensão é ofertada pelas disciplinas de formação pedagógicas, constituídas como unidades de ensino que orientam, de forma sistematizada, o saber educativo da prática pedagógica. Sua principal função é fazer a interligação entre o saber teórico-científico, o saber pedagógico e o saber da prática (MENDES, 2005).

Considerando os pressupostos expostos acima e que os professores são os organizadores das atividades de ensino e aprendizagem, entende-se ser fundamental que as pesquisas que discutam a biologia como um conhecimento integrado se preocupem com a formação inicial dos professores, uma vez que, estes funcionaram como

elementos construtores do conhecimento na educação básica. E isto pode implicar na compreensão de alguns pontos fundamentais:

(1) a apropriação do conhecimento sistematizado relacionado com a disciplina específica, (2) a apropriação do conhecimento sistematizado relacionado às disciplinas pedagógicas, (3) a relação entre conhecimentos específicos, conhecimentos pedagógicos e sua prática, (4) o desenvolvimento de um pensamento crítico dos professores perante a realidade, e (5) a formação reflexiva dos professores sobre sua prática, sobre seu conhecimento e sobre seu mundo (MEGLHIORATTI, 2004, p. 88).

Em relação aos três primeiros pontos, o professor deve ter domínio tanto do conteúdo específico quanto do pedagógico. No contexto da sala de aula, o professor deve atuar em conjunto com seus alunos para construir um conhecimento centrado em uma pedagogia relacional, ou seja, uma pedagogia em que o conhecimento não é transmitido e nem inato, mas construído no contexto da sala de aula pela problematização do conhecimento e pela relação recíproca entre professor e aluno (BECKER, 2001).

Quanto ao uso de capacidades de pensamento crítico, Tenreiro-Vieira (2004) concorda que isto permite aos indivíduos tomarem posição sobre questões científicas, raciocinando logicamente sobre o assunto vigente, de modo a detectar diferenças na argumentação ou no sentido de suspender a tomada de decisão, no caso de haver evidência insuficiente para traçar e sustentar uma conclusão. Assim, as atuais propostas para o ensino das ciências enfatizam a importância e a necessidade de promover as capacidades de pensamento dos alunos, pois pode provocar um maior desenvolvimento dos vários domínios da ciência e sua subsequente compreensão. A autora ainda afirma que o pensamento crítico pode fazer com que as crianças e os jovens, enquanto cidadãos, sejam capazes de usar o conhecimento que possuem para organizar, sintetizar e gerar nova informação, participar nas escolhas sociais e políticas, intervir, argumentar

e tomar posição sobre questões públicas que envolvem a ciência e a tecnologia (TENREIRO-VIEIRA, 2004).

A respeito do último item, Baptista (2004) afirma que é preciso que o professor busque a prática reflexiva sobre suas atividades de planejamento, modificando-a, adaptando-a constantemente, de maneira que leve em conta sempre as características próprias do contexto social, político, econômico e cultural no qual a escola se insere, bem como a própria comunidade que dela faz parte. Uma ação reflexiva implica em repensar a sua própria prática de ensino, seus métodos, recursos e abordagens. Consequentemente, o ensino ganhará novo significado, em que o objetivo maior será preparar os alunos para que diante das situações que envolvem seu cotidiano, sejam capazes de agir conscientemente, de usar, em benefício próprio, os conhecimentos.

A introdução de propostas reflexivas na ação didática permite ao professor libertar-se das certezas e rotinas comportamentais e adquirir capacidades que lhe possibilitem adaptar à prática aos conhecimentos resultantes da investigação e desenvolver as suas próprias investigações na sala de aula (SILVA; DUARTE, 2001).

O processo de reflexão contínua e permanente do professor é uma forma de avaliar o próprio trabalho desenvolvido na sala de aula, a fim de perceber as implicações da prática pedagógica na sua formação, assim como perceber a importância dessa prática na vida dos alunos. Desse modo, uma reflexão sobre a prática docente contribuirá para o redirecionamento do fazer pedagógico em busca do aperfeiçoamento da ação docente (MENDES, 2005).

A atuação do professor de modo crítico e reflexivo, ou seja, um professor dotado de capacidades intelectuais, capaz de instigar o pensamento crítico no aluno pode propiciar, também, a formação de um novo estudante crítico e reflexivo. Para isso o

professor deve pesquisar e construir o conhecimento, atuando como um intelectual transformador (ARAUJO, 2008).

Para Araujo e Souza (2009), a formação do professor e o desenvolvimento da identidade profissional devem ser o eixo norteador das políticas de formação e de iniciação profissional.

Silva e Duarte (2001) ao analisarem os modelos de supervisão utilizados na literatura verificaram que sobressai a dimensão investigativa da prática, enquanto componente essencial da formação de futuros professores.

Disciplinas que visam teoria e prática, como é o caso da Prática de Ensino, que tem por finalidade proporcionar ao aluno vivências pedagógicas em sala de aula, através do estágio supervisionado, em muitos dos casos é o primeiro contato que o futuro professor tem com o espaço escolar e é nessa fase que iniciará o processo de formação profissional. Essas disciplinas, quando ministradas de maneira a fazer a relação teoria-prática, mediante a inserção do tema de investigação e de ambiente coletivo de troca de experiência, pode promover o espaço que possibilita o aluno a refletir sobre sua prática em colaboração com seus colegas (ARAUJO; SOUZA, 2009).

Uma graduação que permita a formação inicial de professores com perfil crítico e reflexivo, aliado a utilização de ferramentas, como a história e filosofia da ciência e possibilitando que estes estudantes tenham disciplinas, nas quais possam discutir teoria e prática, pode minimizar as dificuldades dos futuros professores, ao se depararem com assuntos tão complexos como o Ensino de Evolução.

3. METODOLOGIA

3.1 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa científica, assim como a pesquisa em educação, foi estudada por muito tempo apenas através de aspectos quantitativos e, como tal, tendo como pressuposto a utilização de variáveis e tratamento de dados e fenômenos de forma isolada, afim de que se respondesse ao objetivo proposto (LÜDKE; ANDRÉ, 1986), tendo, assim, teorias e métodos antecedendo o objeto de pesquisa. Entretanto, uma abordagem que dê prioridade aos dados e aos campos em estudo, fazendo com que o objetivo não reduza sua complexidade, por meio de um processo de decomposição de variáveis, mas sim, ampliando sua complexidade por inclusão do contexto (FLICK, 2009) denominada qualitativa, tem se firmado como promissora possibilidade de pesquisa na área de educação (TEIS; TEIS, 2006).

Para a metodologia qualitativa, Flick (2009) apresenta basicamente dois tipos de dados: verbais e multifocais. Os dados verbais oferecem uma variedade de métodos que se concentram principalmente na palavra falada. Dentre estes métodos encontram-se as entrevistas e os grupos focais.

Outro método busca superar as limitações de informações para além do que foi dito pelos participantes, em um determinado estudo, constituindo o que o autor denomina de dados multifocais. Inseridos nesta tipologia está os documentos, como os questionários (FLICK, 2009).

Para esta dissertação, os instrumentos de pesquisa foram a utilização de questionário, entrevistas semi-estruturadas, e discussões em grupos focais sobre os temas propostos, nas quais questões gerais foram focadas em três eixos: **Evolução, História da Biologia e Ensino**. Utilizando-se, assim, de vários instrumentos na coleta,

possibilita-se uma maior consistência dos dados e um entendimento mais amplo das concepções (FLICK, 2009), neste caso sobre evolução, que foram analisadas no presente trabalho.

Para a análise das respostas dos alunos obtidas através de questionário e de entrevistas semi-estruturadas utiliza-se o método da análise de conteúdo. Bardin (1977) conceitua a análise de conteúdo como um conjunto de técnicas de análise das comunicações com a finalidade de extrair indicadores (quantitativos ou não) que permitam, através processos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. Dessa forma, após uma primeira análise é possível formular, por indução a partir dos dados, algumas categorias que permitem agrupar os elementos da mensagem a partir de características comuns, sendo uma das técnicas mais utilizadas na análise de conteúdo (FLICK, 2009).

3.2 CONSTITUIÇÃO DOS DADOS EMPÍRICOS

3.2.1 QUESTIONÁRIO INICIAL

A coleta de dados ocorreu no segundo semestre de 2009 e contou com a participação voluntária de 23 estudantes que estavam matriculados na disciplina Evolução de uma Universidade Pública do Estado de São Paulo.

A pesquisa iniciou-se, na primeira aula desta disciplina, após a apresentação do professor responsável, seguido da apresentação do pesquisador e sua intenção de trabalho aos estudantes (vide Apêndice I para modelo do termo de consentimento aplicado aos estudantes/sujeitos desta pesquisa e Anexo I para parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru). O pesquisador, então,

aplicou o questionário inicial, explicando que o mesmo tinha a finalidade de identificar os conhecimentos prévios dos alunos no que se refere ao entendimento de evolução biológica. O modelo do questionário utilizado está indicado no quadro a seguir.

1. O que você entende por evolução biológica?
2. Como você acha que ocorre a evolução biológica?
3. Como se forma uma nova espécie?
4. O uso constante de antibióticos tem sido responsabilizado pelo aumento de cepas de microorganismos resistentes, sendo necessária a descoberta constante de novos medicamentos mais eficazes. Qual sua opinião sobre esta afirmação?

Quadro No. 1. Questionário inicial.

Buscou-se entender, na primeira questão, quais os conhecimentos prévios dos alunos quanto ao conceito central desta pesquisa e, assim, ao final estabelecer comparação quanto ao aproveitamento das discussões estabelecidas.

Para a segunda questão, procurou-se saber dos estudantes, quais conhecimentos eles tinham em relação aos mecanismos que promovem a evolução biológica nos seres vivos para, com isso, propiciar uma ampliação dos conhecimentos fornecidos na primeira questão.

Conhecer o que os estudantes pesquisados sabiam sobre o processo de especiação é o objetivo da terceira questão. Como referência para esta definição adotou-se o conceito de especiação geográfica ou alopátrica proposto por Mayr (2009) que entende o processo como resultante da divisão de uma população devido a uma barreira natural e por ação dos mecanismos evolutivos, neste caso mutação, tornando-se novas espécies. Vale ressaltar que o autor propõe, também, a possibilidade de outras formas de especiação, tais como, simpátrica, parapátrica, instantânea, pela distância (sobreposição circular) e por hibridação.

Por fim, com a proposição da quarta questão, visava-se saber o conhecimento de evolução biológica dos estudantes em um contexto aplicado. Observa-se que a mutação e a recombinação genética frente a um ambiente selecionador, como o uso constante de antibiótico, são entendidas como causa primária de formação de populações resistente de bactéria, porém é de conhecimento a existência de outras formas de resistência bacteriana, como por ação de elementos não cromossômicos, como os via plasmídios, transposons e até bacteriófagos (PAIVA, 2009).

A aplicação desta coleta foi feita mediante distribuição dos questionários aos alunos para serem respondidos individualmente, não se limitando tempo para seu desenvolvimento. Tanto pesquisador, quanto professor da disciplina não fizeram interferência alguma nesta etapa da coleta.

3.2.2 ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS

Dos 23 estudantes que responderam ao questionário inicial, nove foram aleatoriamente selecionados para participar de uma entrevista semi-estruturada, como forma de complementar informações referentes às concepções prévias dos alunos. A opção de adicionar uma entrevista semi-estruturada, no início da obtenção dos dados dessa pesquisa, ocorreu pelo fato da entrevista permitir uma maior liberdade para o pesquisador investigar as concepções de evolução biológica, compreendendo nuances que podem não aparecer nos questionários. Todas as entrevistas foram gravadas em áudio digital e transcritas na íntegra. O roteiro que guiou a entrevista semi-estruturada está indicado a seguir:

- a) O que você entende por teoria científica?
- b) Você acredita que a evolução biológica tende a uma finalidade (objetivo)? Se sim, qual?
- c) O que você sabe sobre as ideias de Lamarck?
- d) O que você entende da Teoria de Darwin?
- e) O que você sabe sobre a Teoria Sintética da Evolução?
- f) Você acredita que o conceito de evolução é uma discussão acabada, ou seja, as discussões se limitam a fatos ocorridos no passado?
- g) Como você explicaria o aparecimento de estruturas como os olhos humanos ou as penas das aves?
- h) É comum ouvir dizer que o homem veio do macaco. O que você pensa sobre esta afirmação?

Quadro No. 2. Entrevista Semi-Estruturada

Na pergunta “a”, procurou-se saber quais os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conceito de teoria científica, por ser a evolução biológica, reconhecidamente, uma teoria que, muitas vezes, é mal interpretada por alguns alunos.

Para a pergunta “b”, visou-se verificar se os alunos tinham uma compreensão teleológica ou casual da evolução biológica.

As perguntas “c”, “d” e “e” tiveram como objetivo saber, de maneira mais específica, o que cada um dos nove estudantes entrevistados conhecia a respeito das teorias de Lamarck, Darwin e Sintética.

Na busca de informações que demonstrem que o conhecimento é dinâmico, a pergunta “f” objetivou saber se os alunos entendem o conceito de evolução biológica como um processo acabado, ou seja, acontecimentos que ocorreram apenas no passado, ou se os mesmos entendem como algo contínuo e ininterrupto.

Com a pergunta “g”, visou-se conhecer como os estudantes explicam a formação de estruturas orgânicas complexas que, muitas vezes, tem sua origem atribuída a ações de entidades superiores.

Por fim, como o processo que propiciou a formação da espécie humana é considerado, por vários autores, o ponto mais controverso da teoria da evolução e principal ponto de discussão entre ciência e religião, a pergunta “h” objetivou conhecer o entendimento dos estudantes sobre este assunto.

3.2.3 COLETA FINAL

No último dia da coleta de dados, os 23 participantes foram convidados a responder, apenas de forma escrita, as mesmas indagações aplicadas no primeiro dia de coleta, no questionário e entrevista iniciais. Tal como na coleta inicial, o pesquisador entregou o questionário para que os estudantes respondessem individualmente, não limitando o tempo de entrega. Pesquisador e professor da disciplina não interferiram no desenvolvimento desta atividade também.

3.3 APRESENTAÇÃO DOS SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos que contribuíram para a execução desta pesquisa são 23 alunos de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade pública do estado de São Paulo. Destes, um era oriundo de uma universidade privada, cursando bacharelado em Ciências Biológicas, frequentando esta disciplina em caráter especial. O restante da turma estava cursando o sexto termo em período integral na faculdade em questão, o que implica ter cursado, nos semestres anteriores, algumas disciplinas, tais como: Biologia Celular, Biologia Molecular, Anatomia Geral e Humana, Geologia,

Paleontologia, Vertebrados, Embriologia Comparada e Genética, sendo, esta última, pré-requisito para disciplina Evolução (vide Anexo II para Grade Curricular).

Vale explicitar que os alunos cursaram, a partir do 3º semestre, disciplinas pedagógicas, porém nenhuma específica para o ensino de Evolução. Os sujeitos de pesquisa eram compostos de cinco estudantes do sexo masculino e 18 do sexo feminino, com idades médias de 20 anos.

Salienta-se aqui, que nos diversos instrumentos utilizados para a obtenção dos dados, ao longo deste trabalho, os estudantes são representados sempre pelos mesmos códigos que variam de 1 a 23, modificando-se apenas a letra inicial que caracteriza os instrumentos de coleta. Com a finalidade de exemplificação dos códigos utilizados, expõem-se o quadro a seguir:

Instrumento/sujeito	Código
Coleta inicial/3	Ci3
Coleta final/7	Cf7

Quadro No. 3. Codificação dos sujeitos de pesquisa.

3.4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS REFERENTES AOS MÓDULOS DIDÁTICOS

O desenvolvimento dos módulos didáticos, sobre epistemologia do conceito de evolução biológica, foram realizados no segundo semestre de 2009, tendo a intervenção previamente programada com o professor da disciplina. Sendo assim, a aplicação dos módulos antecedeu o desenvolvimento das atividades do professor da disciplina, para que, então, ao final desta intervenção, o professor iniciasse seu conteúdo didático.

Os módulos ocorreram interruptamente ao longo de quatro semanas, além das coletas anterior e posterior aos módulos, como pode ser conferido no cronograma a seguir:

Semana 1	Semana 2	Semana 3
Coleta inicial de dados	Módulo 1 - Algumas explicações sobre a diversidade de espécies da Grécia Antiga ao século XIX	Módulo 2 - As principais ideias de Lamarck
Semana 4	Semana 5	Semana 6
Módulo 3 - As principais ideias de Darwin e Wallace	Módulo 4 - As principais ideias referentes à Teoria Sintética	Coleta final de dados

Quadro No. 4. Cronograma dos módulos didáticos

As discussões realizadas com os alunos participantes da pesquisa tiveram como material de apoio uma apostila organizada pelo autor deste trabalho (Anexo III). A apostila conta com uma série de textos de fontes primárias e secundárias com a finalidade de provocar discussões sobre o conceito de evolução biológica e seus aspectos históricos. Foram inseridos textos de autores conhecidos pelos alunos (como Lamarck, Darwin e Wallace), mas que, no entanto, são tratados superficialmente nos livros didáticos do ensino médio e muitas vezes de forma distorcida, o que justifica o aprofundamento da discussão realizada. Vale evidenciar que estas apostilas eram fornecidas uma semana antes de cada módulo, para que os alunos pudessem fazer leituras prévias dos textos, na tentativa de despertar interesse e dúvidas nos estudantes, o que poderia contribuir para as discussões durante os módulos didáticos.

Esta pesquisa não teve intuito de explorar as discussões de uma dada época ou levantar todas as discussões relativas ao tema Evolução. Houve uma maior preferência em autores e conteúdos mais comuns em livros didáticos do ensino médio, visto que os estudantes, aqui pesquisados, estão inseridos em um curso de licenciatura e que muitos

livros didáticos apresentam distorções em temáticas comumente abordadas no contexto da sala de aula.

Nas discussões realizadas durante o desenvolvimento dos módulos didáticos o papel do pesquisador foi de guiar as discussões dos alunos em grupo e explorar os argumentos levantados pelos mesmos, através de questionamentos, argumentações e contra-argumentações. Sendo assim, o professor da disciplina não interferiu no andamento da intervenção. Outra informação importante a se fornecer é que no desenvolvimento das aulas, o pesquisador utilizou um roteiro de questões (Apêndice II) previamente produzido, referente a determinados trechos dos textos, que serviam de base na promoção das discussões e reflexões nos estudantes. Outras questões foram incorporadas às originais, quando houve necessidade.

Vale explicitar que, no decorrer dos módulos didáticos, o número de participantes variou devido à presença ou ausência dos mesmos às aulas. Os áudios destas dinâmicas foram digitalmente gravados e os fragmentos de falas mais significativas foram transcritas.

Apesar de um dos objetivos propostos por esta pesquisa referir-se a trabalhar epistemologicamente de forma dialogada o conceito de evolução biológica, é importante salientar os limites nos quais esta pesquisa está inserida. Segundo Bachelard (2006), a passagem da opinião do senso comum para um conhecimento científico requer uma ruptura inicial para a produção do conhecimento, seguido de superação de obstáculos epistemológicos e de uma retificação histórica. É embasado nestes pressupostos que enquadro os limites, nos quais esta pesquisa se apresenta, pois além das coletas inicial e final, as intervenções didáticas transcorreram em quatro créditos consecutivos, em quatro semanas, totalizando 16 créditos ou horas. O período utilizado pode implicar em tempo insuficiente para perpassar os referidos pressupostos, mas que não inviabiliza a

pesquisa, pois nos possibilita analisar quais obstáculos são manifestados e de que forma se apresentam nas respostas dos estudantes.

3.4.1 MÓDULO 1 – ALGUMAS EXPLICAÇÕES SOBRE A DIVERSIDADE DE ESPÉCIES DA GRÉCIA ANTIGA AO SÉCULO XIX

As discussões desenvolvidas neste módulo são referentes, principalmente, a três textos selecionados e organizados pelo pesquisador. Primeiramente o texto de Mesquita Filho (2000) sobre definições de teoria, hipótese, leis e conceitos, visto que na coleta inicial encontrou-se muitas opiniões de senso comum sobre a definição de teoria científica.

O que pôde ser verificado no desenvolvimento da coleta inicial é que as quatro definições acima mencionadas (teoria científica, hipótese, lei e conceito) não estavam claras no entendimento dos estudantes, gerando confusões em suas explicações. Portanto as discussões aqui desenvolvidas visavam permitir que os estudantes transpusessem os obstáculos epistemológicos advindos da experiência inicial e da confusão conceitual das definições apresentadas. Considera-se importante que esses alunos compreendam o objeto de estudo da ciência, para ao se discutir evolução, entenda os limites em que esta definição está inserida, sem, com isso, interferir na relevância da natureza dessa teoria científica.

Outra discussão realizada, neste primeiro módulo, refere-se a alguns importantes filósofos gregos e cientistas que dissertaram sobre explicações para a diversidade de espécies, da Grécia Antiga ao século XIX. Esta inserção permite explicitar a construção e o caráter dinâmico da ciência, por evidenciar que as discussões sobre a diversidade dos seres vivos já são documentadas há muito tempo na história da ciência.

Através do texto de d'Amaro (2006) foi possível dialogar sobre as influências externas à ciência, tais como política e religião e até sobre o fixismo, entretanto, salientando aos estudantes que o foco da pesquisa seria a discussão do evolucionismo.

Ainda utilizando o mesmo texto, foi possível debater sobre a credibilidade das fontes utilizadas na confecção de pesquisas e trabalhos. O material impresso foi considerado de alta confiabilidade pelos estudantes, por entenderem que os mesmos passam por um crivo editorial que se incumbiria de atestar essa confiabilidade. Além disso, atribuem ao professor à função de escolha das fontes de informação.

Para finalizar este módulo, utilizando o texto de Maia (2006) fez-se uma breve discussão a respeito do Designer Inteligente, para que os estudantes pudessem conhecer uma das ideias não-evolucionistas mais notórias, levando em consideração, ao menos, as teorias ditas científicas.

O que se pôde verificar, através da observação, na discussão destes primeiros textos apresentados foi que, mesmo suscitados a dialogar sobre os temas propostos, grande parte dos estudantes não manifestavam opinião. Este fato pode implicar em dificuldades no propósito de atividades desta natureza ao não possibilitar que os alunos explorem suas concepções prévias e, conseqüentemente, podendo interferir na transposição dos obstáculos epistemológicos iniciais.

3.4.2 MÓDULO 2 – AS PRINCIPAIS IDEIAS DE LAMARCK

No desenvolvimento deste módulo, foi utilizada como texto base a dissertação de mestrado de Lilian Martins de 1993. Vale informar que, no início deste módulo didático, foram expostos para os estudantes os principais fatos históricos e políticos da França do fim do século XVIII e começo do século XIX, de maneira a contextualizar

algumas possíveis influências externas que poderiam atuar na construção da teoria do autor francês Jean-Baptiste de Lamarck.

A partir da coleta inicial (considerando-se questionário e a entrevista) verificou-se que, apesar de Lamarck ser um autor recorrente em livros didáticos e no ensino de evolução, de uma maneira geral, as informações dos estudantes pesquisados, quanto ao autor e sua teoria, são confusas e, muitas vezes, restritas ao conhecimento de: “pescoço da girafa” e “lei do uso e desuso”.

Foi possível verificar, também, nas respostas dos estudantes analisados que 12 deles apresentaram uma concepção que pode ser caracterizada como lamarckista¹². Isto representa um ponto relevante de discussão, como forma de explorar se os mesmos tinham consciência que suas opiniões estavam respaldadas em ideias discutidas pela Teoria de Lamarck.

Os principais tópicos da teoria lamarckista discutidos na presente aula foram: origem dos seres vivos; causas de progressão; variabilidade das espécies; e as leis que governam a variação das espécies.

Durante o desenvolvimento do tópico causas de progressão, um dos pontos levantados pela discussão foi a visão de aperfeiçoamento que a evolução promovia nos seres vivos para Lamarck. Apesar de comumente difundida na sociedade, a ideia de evolução como melhora ou aperfeiçoamento, não era interpretada, pelos estudantes, como uma maneira de conceituar evolução em uma perspectiva lamarckista.

Em outro momento do módulo, pôde-se dialogar sobre as leis que governam a variação das espécies para Lamarck que, muitas vezes, fica restrita ao uso e desuso e a herança de caracteres adquiridos.

¹²Entende-se por concepção lamarckista as ideias que estejam inseridas na teoria de Lamarck.

Saliento aqui que, em alguns momentos das discussões realizadas, os alunos manifestavam surpresa frente à quantidade de informações desconhecidas e concepções alternativas que os mesmos construíram ao longo de suas aprendizagens.

3.4.3 MÓDULO 3 – AS PRINCIPAIS IDEIAS DE DARWIN E WALLACE

As discussões ocorridas neste módulo didático foram realizadas mediante debate de três textos bases: trechos do livro *A Origem das Espécies* de Darwin e os artigos *Sobre a lei que regula a introdução de novas espécies* e *Sobre a tendência das variedades a afastarem-se indefinidamente do tipo original* de Wallace.

Mediante coleta inicial, pôde-se saber os conhecimentos prévios dos alunos quanto às informações referentes à Darwin, mostrando que, em alguns casos, havia dificuldade em se diferenciar a influência do meio na evolução dos seres vivos, ponto discordante das teorias darwinista e lamarckista. Percebeu-se, também, que alguns alunos tinham dificuldade de explicar sobre as proposições darwinistas, reduzindo, muitas vezes, sua teoria aos termos: evolução e seleção natural.

Igualmente ao módulo anterior, a introdução desta aula deu-se por meio de uma contextualização da Inglaterra do século XIX, além de dados biográficos pertencentes aos autores Darwin e Wallace.

Uma das indagações iniciais do pesquisador, para este módulo, foi quanto ao atrelamento do termo evolução somente ao cientista inglês Charles Darwin, evidenciando que, em alguns casos, a teoria da Evolução é ensinada de forma simplificada e reducionista.

Com o decorrer do texto outras discussões ocorreram, de modo que os estudantes pudessem dialogar e manifestar suas dúvidas, saindo da posição de passivos no aprendizado para colaborador do processo de construção do conhecimento, ao

desenvolver reflexões sobre as informações presentes no texto, tais como a expressão luta pela vida. Esta expressão que embora, em alguns casos, deva ser entendida de forma literal, em outros, deve ser compreendida de forma metafórica, o que pode implicar em dificuldades ou distorções no aprendizado dos alunos.

Outra discussão realizada nesta aula foi quanto à atuação de grupos de preservação animal, analisada sob o ponto de vista evolutivo, como forma de não cair em opiniões de senso comum. O objetivo era aproximar os debates ao cotidiano dos estudantes. Este tipo de discussão propiciou aos estudantes situarem a posição do Homem frente ao processo evolutivo e, também, refletirem sobre a intensidade do impacto da ação antrópica no meio ambiente, lembrando que o mesmo faz parte deste meio.

Em outro momento da aula, os estudantes puderam perceber que as ideias de Lamarck e Darwin em alguns aspectos apresentavam pontos em comum, o que para alguns deles gerou espanto. Com esta discussão foi possível desmistificar a postura produzida por muitos livros didáticos frente às teorias lamarckista e darwinista, na qual, comumente, os dois autores são apresentados em oposição perante as visões evolucionistas, o que foi contrariado pela leitura de trechos do livro *A Origem das Espécies* de Darwin.

Após as leituras dos artigos de Wallace pôde-se fazer um paralelo deste autor às ideias de Darwin, trazendo reflexões sobre as produções científicas de Wallace que permitiram, ao autor, conceber uma teoria semelhante a Darwin.

Discutiu-se, também, o equívoco de interpretação, na utilização do exemplo do “pescoço da girafa”, ao afirmar que Lamarck inferia desejo, ao invés de necessidade fisiológica, no aumento do pescoço da girafa, trecho presente na obra *Sobre a tendência*

das variedades a afastarem-se indefinidamente do tipo original de Wallace. Vale ressaltar que esta ideia já havia sido debatida, quando se realizou o módulo anterior.

3.4.4 MÓDULO 4 – AS PRINCIPAIS IDEIAS REFERENTES À TEORIA SINTÉTICA

Neste último módulo didático foram utilizados trechos do livro *Processos de evolução orgânica* de G. L. Stebbins, do livro *Darwin e os grandes enigmas da vida* de S. Jay Gould e do artigo *Punctuated equilibrium comes of age* de Gould e Eldredge.

Com intuito de evidenciar o contexto no qual a Teoria Sintética da Evolução foi produzida, o pesquisador expôs aos estudantes alguns dados importantes do histórico de construção da síntese evolucionista.

Pela análise da coleta inicial foi possível verificar que os saberes contemplados pela Teoria Sintética da Evolução, responsável, em grande parte, por responder questões atuais, referentes aos processos evolutivos, não foram manifestados pelos estudantes pesquisados. Isto permitiu inferir que os alunos apresentam baixo conhecimento, como, também, uma visão reducionista desta teoria, pois ao responder a questão, referente a esta informação, exprimiram ideias que sugerem apenas uma mistura de seleção natural e genética, sem formar um corpo teórico nesta junção de teorias.

Após se discutir pontos importantes referentes à Teoria Sintética da Evolução, pôde-se avançar em discussões mais atuais referentes ao ensino de evolução, como as explicações para explosão cambriana e a teoria do Equilíbrio Pontuado do biólogo evolucionista Stephen Jay Gould e do paleontólogo Niles Eldredge.

E ao fim deste módulo pôde-se discutir o cuidado que os professores devem ter no ensino de evolução, bem como a própria didática utilizada nesta metodologia, o que

implica atenção no ensino, para que as explicações evolutivas não recaiam em determinismo ou teleologia ou em visões dogmáticas da ciência.

Por fim, salienta-se aqui que, ao longo dos quatro módulos didáticos, os estudantes desenvolveram poucas discussões, mesmo com a insistência do pesquisador, o que pode significar várias hipóteses: pouca vontade participativa, a comum prática de passividade frente ao ensino e/ou desconhecimentos quanto às informações apresentadas; o que dificulta a adoção deste tipo de intervenção didática. Além disso, ressalta-se a importância do exercício da reflexão sobre o conceito biológico em outras disciplinas e em trabalhos de pesquisa durante a graduação.

3.5 APRESENTAÇÃO DAS CATEGORIAS ENCONTRADAS NOS SUJEITOS DESTA PESQUISA

Apresenta-se nesta seção, as categorias criadas por inferência através da análise das respostas dos estudantes obtidas na coleta inicial. Para a formação destas categorias, buscou-se observar a formação de padrões de respostas que permitissem agrupá-las através do processo de categorização. Sendo assim, as categorias constituídas neste trabalho foram: *Condizente*, *Parcialmente Condizente*, *Finalista*; *Progressista*; *Determinista ambiental*; *Resiliência “consciente”*; *Hibridação*; *Temporal*; *Factual*; *Teológica*, e *Concepção Alternativa*. Sendo as primeiras ligadas ao entendimento dos processos evolutivos e seus conceitos. As categorias *Factual* e *Teológica* estão relacionadas com a compreensão da natureza da ciência, o que pode acarretar dificuldades na aprendizagem da teoria da evolução. Por fim, as respostas que resumem o processo evolutivo a um ou dois eventos, sem contemplar ideias que se enquadrem nas categorias anteriores, foram categorizadas como *Parcialmente Condizente*; já as

respostas que se distanciam dos conhecimentos atualmente aceitos, configuram o que se categorizou por *Concepção Alternativa*.

No quadro abaixo são apresentadas as categorias criadas por inferência para este trabalho, bem como as principais expressões utilizadas pelos estudantes, e que nos forneceram subsídios para criar estas categorias.

Categoria	Característica	Principais Expressões Usadas
Condizente	Respostas que exprimem ou se aproximam dos conhecimentos aceitos atualmente.	Resposta condizente com o pensamento científico atual.
Parcialmente Condizente	Resumo do conceito solicitado a um ou dois eventos, não levando em consideração, muitas vezes, a complexidade do processo. Não se enquadrando em outra categoria.	Expressão de um ou dois eventos como resposta, de maneira a não prover resposta completamente satisfatória, podendo ou não apresentar concepção alternativa.
Progressista	Tendência ao aperfeiçoamento das espécies, seja em nível de complexidade e/ou adaptação.	Tornando-se mais complexo (adaptado) e/ou melhor.
Determinista ambiental	Entendem o ambiente, não como selecionador de características, mas como promotor dela.	Uma necessidade de...
Resiliência “consciente”	Capacidade dos organismos em absorver as mudanças ambientais, desenvolvendo mecanismos por ação “consciente”, o que por sua vez aumenta o poder adaptativo dos organismos a estes ambientes.	Resistir; desenvolver meios
Hibridação	Ideias superestimadas do processo do cruzamento de espécies distintas ¹³ .	Cruzamento de espécies distintas
Finalista	Os estudantes têm a compreensão do processo adaptativo dos seres vivos como meta.	Com intuito de; para que

¹³Apesar de Mayr (2009) citar o processo de especiação por hibridação, o autor alerta para o fato deste tipo de ocorrência ser bem pequena, sendo ainda mais rara entre animais. Quanto mais distinta as espécies, menor a chance de que esta hibridação gere descendentes férteis.

Factual	Entendimento de que as teorias científicas estão, somente, baseadas em fatos comprovados.	Verdades e/ou provas
Teológica	As respostas dos estudantes evidenciaram conflitos entre ciência e religião ao explicitarem suas compreensões sobre os processos evolutivos.	Criacionismo/fé
Temporal	Respostas que reduzem o processo evolutivo apenas ao caráter temporal	Ao longo (de vários anos/ do tempo)...
Concepção Alternativa	Respostas que apresentem concepções alternativas mediante os conhecimentos atuais.	Resposta não condizente à pergunta solicitada

Quadro No. 5. As categorias de pesquisa

No capítulo seguinte serão analisadas as falas dos estudantes, com a finalidade de identificar suas concepções em relação à temática evolução biológica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 AS PRÉ-CONCEPÇÕES PRESENTES NO QUESTIONÁRIO INICIAL

O questionário inicial, conforme apresentado, constituiu-se por quatro questões. As respostas destas questões foram analisadas, com a finalidade de se encontrar as categorias nelas presentes. Para esta coleta de dados estavam presentes 23 participantes.

A análise das respostas permitiu constatar que a categoria *Determinista ambiental* apareceu nas quatro questões. A categoria determinista presume a ideia de que o ambiente força os organismos a evoluírem ou, caso contrário, serão levados a sua extinção, o que contraria os conhecimentos atuais que propõem uma evolução casual, sendo o ambiente selecionador das mudanças ocorridas.

As categorias *Finalista*, *Temporal* e *Resiliência “consciente”* apresentaram-se cada uma em uma única questão (1, 2 e 4 respectivamente). Considerando que o questionário, apesar de buscar uma visão holística do conceito de evolução biológica, constituía-se de questões que atingem aspectos pontuais do referido conceito, o que pode ter proporcionado a confecção de respostas com concepções alternativas específicas às questões requeridas.

O aspecto de progresso, privilegiado pela categoria *Progressista*, possibilitou averiguar que esta noção de progressividade, atribuída à evolução, atenderia a dois objetivos: o aumento de complexidade e/ou conferir um maior grau de adaptação aos seres vivos. Destaca-se que ao olhar superficialmente uma árvore filogenética, que representa a diversidade das espécies, esta pode sugerir certa progressividade. No entanto, segundo Mayr (2009) identificar sinais de progresso em toda evolução é interpretar a mesma sob uma visão determinista ou teleológica, além disso, em vários grupos taxonômicos podem-se encontrar organismos que exibem tendências regressivas e simplificadoras, o que descaracteriza o aumento de complexidade. Com relação à adaptação, lembra-se que esta não é considerada um processo teleológico, mas o resultado posterior a uma eliminação ou seleção sexual (MAYR, 2009), o que possibilita que mudanças ocorridas nos seres vivos possam trazer prejuízos ou extinção desses organismos, portanto, descaracterizando o aumento do grau de adaptação.

Com relação à categoria *Hibridação*, conforme já explicado na apresentação das categorias (página 60), ao propor este processo para a formação de espécies, o aluno parece desconsiderar que a maior parte dos cruzamentos entre espécies é inviável fisicamente (por diferenças anatômicas) ou geneticamente (diferenças quanto ao número ou segregação cromossomos), entre outros (sazonal, etológico, fraqueza do híbrido, etc.). Com isso, lembra-se que os organismos híbridos são, em sua maioria, estéreis, não

possibilitando levar adiante a continuação da espécie, inviabilizando, em última instância a evolução.

Evidencia-se que as categorias *Determinista ambiental*, *Finalista*, *Temporal*, *Progressista* e *Resiliência “consciente”* são encontradas em outros trabalhos (tais como, MEGLHIORATTI (2004), GOEDERT (2004), SEPULVEDA; EL-HANI (2009)) com outras denominações, porém, privilegiando os mesmos aspectos, aqui, levantados. Isto permite concluir que estas noções a respeito da evolução biológica estão bem disseminadas nas concepções de estudantes.

O fato de, na questão 1 (sobre o conceito de evolução), apenas um participante estar na categoria *Condizente*, isto é, com informações próximas dos conhecimentos atualmente aceitos, reflete a dificuldade dos estudantes para conceituar, de maneira adequada, este processo. Nas questões 2 e 3 (sobre os mecanismos que deflagrariam a evolução; e o processo de especiação, respectivamente), a ausência de respostas satisfatórias, isto é, participantes na categoria *Condizente*, evidencia que os alunos possuem entendimento considerado insatisfatório em relação a Teoria Sintética da Evolução. As dificuldades referidas nas questões 1, 2 e 3 podem estar relacionadas à baixa ou ausência de discussões evolutivas no contexto escolar e/ou oriundas de opiniões de senso comum.

A questão 4 (sobre o processo de evolução em contexto aplicado) apresenta um considerável número de respostas satisfatórias (sete participantes na categoria *Condizente*), o que pode sugerir que situações-problemas, tal como proposta nesta questão, são mais comumente discutida em ambiente escolar, principalmente se tratando de estudantes de Biologia.

Por fim, destaca-se que, para as quatro questões proposta neste questionário, não houve menção de aspectos religiosos na composição das respostas. Este dado permitiu

inferir que a ausência de perguntas que fazem referência direta a preceitos religiosos (tal como, origem dos seres vivos, principalmente, do homem) podem ser a causa da não manifestação de ideias baseadas em dogmas religiosos.

Abaixo, apresenta-se um quadro, no qual se expõe as categorias, bem como o número de respostas nelas encontradas. Em seguida, analisa-se as respostas fornecidas na entrevista semi-estruturada.

Categorias\Questões	1	2	3	4
Condizente	1	0	0	7
Parcialmente Condizente	6	11	9	4
Determinista ambiental	1	2	3	2
Progressista	4	2	0	1
Finalista	3	0	0	0
Por Hibridação	0	1	8	0
Resiliência "consciente"	0	0	0	8
Temporal	0	3	0	0
Concepção Alternativa	8	4	3	1

Quadro No. 6. Categorias encontradas no questionário inicial.

4.2 OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS EVIDENCIADOS NA ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

Conforme mencionado na metodologia, após a realização do questionário, alguns estudantes foram convidados, de forma aleatória, a responder uma entrevista composta de oito perguntas (de “a” a “h”), como forma de aprofundar os conhecimentos apresentados na primeira etapa. Por ser uma entrevista semi-estrutura, possibilitou ao pesquisador produzir perguntas acessórias às originais, visando uma compreensão maior das concepções fornecidas pelos participantes desta pesquisa.

A análise da pergunta “a”, sobre a concepção de teoria científica, possibilitou averiguar que há uma percepção de uma ciência comprobatória, baseada em fatos ou verdades absolutas, pois sete dos nove estudantes forneceram informações que permitiam categorizá-los como *Factual*. Além disso, não houve respostas que se aproximassem dos conhecimentos científicos, o que revela uma visão distorcida do conceito de teoria científica, influenciada por opiniões do senso comum. A concepção alternativa deste dado conceito pode, ainda, tornar-se um obstáculo epistemológico para o aprendizado da evolução biológica, visto que, os módulos didáticos permeiam discussões de teorias evolutivas, o que justifica a abordagem das definições (teoria, hipótese, lei e conceito) presente na primeira intervenção didática.

A pergunta “b”, que questiona a tendência teleológica da evolução biológica, permitiu concluir, a partir da presença das categorias *Determinista ambiental*, *Finalista* e *Progressista* (resultando em quatro respostas, sendo duas progressistas), um predomínio de uma noção teleológica do processo evolutivo.

As perguntas seguintes “c”, “d” e “e” mostraram que os estudantes possuem uma compreensão distorcida a respeito das teorias de Lamarck, Darwin e Sintética. Da teoria de Lamarck há um predomínio de respostas (seis alunos) que evidenciaram as seguintes informações: “uso e desuso”, “caracteres adquiridos” e “pescoço da girafa”, sendo que destes, apenas a lei do uso e desuso era de conhecimento integral dos estudantes. Com relação a Darwin, cinco das nove respostas priorizaram o conceito de Seleção Natural como única ideia do referido autor. Já com a Teoria Sintética, não houve produção de explicações satisfatórias sobre esta teoria, pois nenhum dos estudantes mencionou alguns dos conceitos defendidos pela Teoria Sintética da Evolução, tais como: mutação, recombinação genética, alterações cromossômicas, seleção natural, entre outros. Quatro

alunos atreveram-se a descrever a teoria como uma junção das teorias de Darwin e as leis de Mendel, sem manifestar o significado desta união.

A reunião dos dados coletados com as perguntas “c”, “d” e “e” permite concluir que os estudantes pesquisados possuem uma visão reducionista das dadas teorias, o que por sua vez, pode estar relacionada às ideias comumente apresentadas em livros didáticos, contrapondo Darwin e Lamarck (incluindo ilustrações de várias girafas com pescoço diferentes) e não privilegiando discussões a respeito da Teoria Sintética da Evolução.

A análise da pergunta “f”, por tratar do questionamento sobre a estagnação das discussões em evolução, evidenciou uma contradição em relação à pergunta “a”. Pois enquanto na pergunta “a” encontra-se sete respostas incluídas na categoria *Factual*, o que sugere um entendimento de Ciência baseada em verdades absolutas, na pergunta “f” temos oito respostas inseridas na categoria *Condizente*, logo, compreendendo as discussões em evolução como evento dinâmico e constante. Essa contradição pode evidenciar falta de informações e/ou pouca reflexão individual ou em ambiente escolar deste assunto.

Para a pergunta “g”, ao exigir dos alunos explicações para o desenvolvimento de estruturas consideradas de alta complexidade, como o olho humano ou as penas das aves, possibilitou, pela primeira vez, a produção de resposta com base no criacionismo também. Apenas um estudante descreveu processos que se aproximam dos conhecimentos atuais. Outro compôs resposta que permitiu sua inclusão na categoria *Determinista ambiental*, por aludir a uma necessidade adaptativa frente às adversidades do meio.

Duas respostas (sendo um deles, o aluno em caráter especial) foram inseridas na categoria *Teológica*, por exporem padrão de resposta que propõem uma entidade

externa para a origem de estruturas complexas ou conflito frente sua religiosidade. Para um destes estudantes, o fato de haver ausência de algumas comprovações científicas, na Ciência, possibilita inserções de explicações de ordem religiosa. Contudo, o estudante ressalta que, mesmo havendo novas explicações científicas, para ele, sempre haverá possibilidade de dupla concepção, tanto científica, quanto religiosa. Já para o outro aluno, a dificuldade maior estava nas concepções conflitantes, proporcionada pela dupla interpretação (religião e ciência), desta temática.

Na análise da pergunta “h”, que questiona a origem da espécie humana, das nove respostas produzidas, duas discorreram informações que se aproximam dos conhecimentos aceitos na atualidade, sendo que uma delas utilizou de maneira equivocada a palavra “descendente”, ao invés do uso do termo “ascendente”. Outros dois estudantes (sendo os mesmos da pergunta anterior) forneceram respostas que puderam os colocar na categoria *Teológica*, pois manifestaram uma ajuda divina para a origem da espécie humana.

Destaca-se que, apesar de sete das nove respostas respaldarem suas explicações com base na teoria da evolução, houve espontânea manifestação das religiosidades (posicionando-se contra ou a favor), o que se assemelha com dados encontrados por Carneiro (2004) ao descrever que, em sua pesquisa com alunos de um curso complementar de Genética e Evolução, apresentavam dificuldade no tratamento distinto entre ciência e religião, pois ao abordar o evolucionismo os participantes não deixam de declarar suas crenças religiosas.

Finalmente, ressalta-se que houve baixo número de respostas baseadas em explicações criacionistas ao longo das entrevistas (quatro, sendo duas na pergunta “g” e duas na pergunta “h”). Este fato pode estar relacionado com o público-alvo desta

pesquisa, ou seja, por serem estudantes de biologia poderia existir uma preferência por explicações evolucionistas.

Abaixo se apresenta um quadro, no qual se exhibe as categorias que cada estudante foi incluso ao longo das perguntas feitas nesta entrevista.

E\P	a	b	c	d	e	f	g	h
Ci1	FAC	CA	PC	CA	CA	C	CA	C
Ci4	FAC	PROG	C	C	CA	C	TEO	TEO
Ci5	FAC	--	CA	PC	PC	C	TEO	TEO
Ci9	FAC	DET	PC	PC	PC	C	DET	CA
Ci12	FAC	C	CA	CA	CA	C	CA	C
Ci14	CA	PROG	PC	PC	CA	C	--	PC
Ci15	FAC	FIN	PC	PC	CA	C	CA	CA
Ci18	CA	PC	CA	CA	CA	FAC	C	CA
Ci21	FAC	C	PC	PC	CA	C	--	PC

Quadro No. 7. Categoria exibida por cada estudante ao longo das perguntas da entrevista. (C = categoria Condizente; FAC = categoria Factual; PROG = categoria Progressista; FIN = categoria Finalista; TEO = categoria Teológica; DET = categoria Determinista ambiental; PC = categoria Parcialmente Condizente; CA = categoria Concepção Alternativa; -- = Não Respondeu).

Na seção seguinte, faz-se uma análise comparativa entre as respostas fornecidas na coleta inicial e os dados obtidos na coleta final, a fim de se obter informações que possibilitem avaliar como a metodologia proporcionou contemplar os objetivos desta pesquisa.

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DAS COLETAS INICIAL E FINAL

Com base nas concepções prévias dos participantes desta pesquisa, tem-se a constituição de uma análise comparativa (coleta inicial e coleta final) a fim de se diagnosticar como, a partir da discussão dos módulos didáticos, houve construção e/ou

ampliação do conceito de evolução biológica. Além disso, buscou-se verificar quais conceitos envolvidos no Ensino de Evolução contribuiu, facilitando ou dificultando, a aprendizagem deste tema. Através de alguns exemplos pode-se ter uma compreensão maior de como as categorias se apresentavam nas respostas dos estudantes.

Como forma de evidenciar os dados obtidos na coleta final, a fim de confrontar os resultados obtidos neste trabalho, exibe-se a seguir um quadro comparativo entre coletas inicial e final, no qual se apresenta a legenda *Cix*, *Cfx* e *P*, sendo *Ci* referente à coleta inicial, *Cf* referente à coleta final e *x* referente ao estudante pesquisado, lembrando que *x* é correspondente em todo trabalho. *P* representa a fala do pesquisador.

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci1	FIN	PC	DET	RES	FAC	CA	PC	CA	CA	C	CA	C
Cf1	CA	RES	PC	RES	CA	DET	C	PC	CA	C	DET	C

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci2	PC	CA	CA	RES	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf2	CA	PC	DET	DET	C	CA	CA	CA	CA	C	CA	PC

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci3	CA	PC	DET	C	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf3	CA	PC	HIBR	CA	C	PC	CA	CA	CA	C	PC	PC

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci4	DET	DET	DET	RES	FAC	PROG	C	C	CA	C	TEO	TEO
Cf4	CA	PC	PC	RES	PC	FIN	C	C	CA	C	PC	C

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci5	CA	TEMP	PC	C	FAC	--	CA	PC	PC	C	TEO	TEO
Cf5	CA	PC	PC	PC	CA	C	C	C	PC	PC	CA	C

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci6	FIN	PC	HIBR	PC	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf6	CA	DET	PC	DET	CA	CA	CA	CA	CA	C	PC	C

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci7	PROG	PC	CA	RES	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf7	PROG	PC	CA	RES	C	CA	C	PC	C	CA	CA	C

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci8	CA	PC	HIBR	C	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf8	CA	PC	HIBR	C	PC	PC	PC	PC	CA	PC	CA	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci9	PROG	PC	HIBR	C	FAC	DET	PC	PC	PC	C	DET	CA
Cf9	PROG	CA	CA	PC	CA	DET	PC	PC	PC	C	DET	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci10	PC	HIBR	PC	PC	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf10	PROG	PC	C	PC	CA	CA	PC	PC	CA	PC	CA	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci11	CA	CA	PC	RES	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf11	PROG	PC	CA	C	CA	CA	PC	PC	CA	PC	CA	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci12	CA	CA	HIBR	RES	FAC	C	CA	CA	CA	C	CA	C
Cf12	PC	CA	PC	RES	CA	PC	PC	C	CA	C	PC	C

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci13	PC	DET	PC	C	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf13	PC	CA	PC	C	CA	C	CA	PC	CA	C	C	PC

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci14	CA	PC	HIBR	CA	CA	PROG	PC	PC	CA	C	--	PC
Cf14	CA	CA	DET	PC	CA	C	PC	C	PC	C	PC	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci15	C	PC	HIBR	PC	FAC	FIN	PC	PC	CA	C	CA	CA
Cf15	DET	DET	HIBR	C	FAC	PC	PC	PC	PC	C	PC	PC

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci16	FIN	TEMP	PC	RES	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf16	CA	RES	PC	RES	CA	C	C	C	CA	C	PC	C

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci17	PC	TEMP	HIBR	DET	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf17	PC	PC	HIBR	DET	PC	PC	C	PC	PC	CA	CA	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci18	PROG	PROG	HIBR	PROG	CA	PC	CA	CA	CA	FAC	C	CA
Cf18	CA	PROG	HIBR	PC	CA	PC	PC	PC	C	C	C	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci19	CA	CA	PC	RES	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf19	PROG	PROG	CA	RES	C	PC	CA	CA	CA	PC	CA	PC

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci20	CA	PC	PC	C	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf20	CA	PC	C	C	CA	PC	PC	C	PC	C	C	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci21	PC	PC	PC	C	FAC	C	PC	PC	CA	C	--	PC
Cf21	CA	PC	PC	C	PC	C	PC	PC	PC	C	PC	C

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci22	PROG	PROG	PC	DET	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf22	PC	PC	C	DET	C	CA	C	PC	C	C	CA	CA

EP1	1	2	3	4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Ci23	PC	PC	CA	PC	--	--	--	--	--	--	--	--
Cf23	CA	PC	CA	PC	CA	CA	CA	CA	CA	C	PC	C

Quadro No. 8. Comparação entre as coletas inicial e final (CA: Concepção Alternativa; C: Categ. Condizente; PC: Categoria Parcialmente condizente; FAC: Categoria factual; DET: Categoria Determinista ambiental; PROG: Categoria Progressista; FIN: Categoria Finalista; TEMP: Categoria Temporal; HIBR: Categoria Híbridação; RES: Categoria Resiliência “consciente”; TEO: Categoria Teológica; -- Não Respondeu).

Como pode ser conferido no quadro acima, houve um grande número de respostas que, em virtude da coleta final, sofreram alteração de categoria. Com objetivo de se comparar os dados coletados antes e após as discussões dos módulos didáticos, dividiram-se as respostas em quatro grupos (Categorias Não Alteradas; Alterações de Categoria, aproximando-se dos conhecimentos atuais; Alterações de Categoria, distanciando-se dos conhecimentos atuais; Alterações de Categoria, Não Significantes) facilitando, assim, a visualização da comparação proposta.

4.3.1 CATEGORIAS NÃO ALTERADAS

Das 161 respostas produzidas na coleta final, que foram passíveis de comparação, 74, ou seja, 46% não apresentaram alteração quanto à categoria ou

elaboração das respostas. Tal informação possibilita afirmar que, para este grupo de estudante, tanto a inclusão dos textos utilizados nos módulos didáticos, quanto às discussões realizadas em sala foram insuficientes para produzir rupturas epistemológicas nos conceitos envolvidos nestas respostas.

A questão que mais conteve categorias inalteradas foi a número 4 (sobre resistência em bactérias), com 14 respostas similares. Em todas as perguntas/questões, ao longo das coletas, houve, pelo menos, duas respostas que se mantiveram inalteradas.

De acordo com Bachelard (2006), para que se possa atingir um pensamento científico é preciso entender, problematizar e, enfim, construir uma narrativa conceitual. Entende-se que esse processo inicial possibilitou, para alguns alunos, uma primeira aproximação em relação ao processo de compreensão conceitual. Para outros alunos fazem-se necessárias mais atividades de reflexão, para que consigam chegar ao nível de produção de narrativas sobre o conceito de evolução biológica.

Os excertos, a seguir, representam exemplos deste grupo de resposta:

P: “O que você entende da Teoria de Darwin? Quais os pontos chaves?”

Ci21 “**Seleção Natural** é o primeiro. A parte de **hereditariedade** em si, ele começou a trabalhar. Eu acho que a ideia dele, em si, **não ficou bem definida**. Mas quando eu penso em Darwin, nas teorias dele, eu penso em inovação, conhecimento. Acho que ele deu o ‘start’ pra um caminho bem legal, pra explicar como as coisas acontecem. É isso!”

P: “Que mais você sabe da teoria de Darwin?”

Ci21 “Ah não. Outra coisa que me lembra Darwin que a galera nem comenta é **seleção sexual**. Que eu acho que foi a segunda grande teoria dele e que explica muita coisa que só a seleção natural não explica e que ‘puta’ faz muito sentido, também. Seleção natural e seleção sexual são as duas grandes coisas que me lembram Darwin”.

Cf21: “Darwin observa que a evolução se dá devido a um processo de **seleção natural e sexual**, onde os ‘**mais aptos sobrevivem**’, considerava a aquisição de novos caracteres através da **mutação** e de **fatores herdados**”.

A resposta de Ci21 foi considerada *Parcialmente condizente*, por apresentar, apenas, a seleção Natural e Sexual como ideias da teoria de Darwin. Além disso, o estudante afirmou que, em relação aos aspectos hereditários, o autor não teria posições

bem estabelecidas. Entretanto é importante esclarecer que Darwin propõe a teoria da Herança por mistura, que trata das substâncias de transmissão da hereditariedade, considerando-a de natureza fluida, resultando na formação de descendentes com características intermediárias.

Em Cf21 o estudante apresenta os mesmos processos inicialmente mostrados. Entretanto, em relação às informações de hereditariedade aparecem dados diferentes. O aluno afirma que Darwin “considerava a aquisição de novos caracteres através da mutação e de fatores herdado”. Com relação aos fatores herdados, apesar do aluno não fornecer uma explicitação mais completa, pode ser considerada em acordo com a teoria darwinista, visto que Darwin, por vezes, apoiou a Lei dos Caracteres Adquiridos. Porém, vale ressaltar que as ideias de mutação, tal como se conhece hoje, são proposições feitas pela Teoria Sintética da Evolução e não por Darwin. Sendo assim, a resposta foi considerada *Parcialmente condizente*.

No exemplo seguinte, sobre a Teoria Sintética da Evolução, que de maneira geral representa os conhecimentos aceitos na atualidade e que, portanto, deveria ser a principal teoria conhecida pelos estudantes, mas que, no entanto, não foi o observado nesta pesquisa. Dos nove alunos que responderam a esta pergunta, nenhum soube fornecer respostas satisfatórias sobre esta teoria, o exemplo segue a seguir:

P: “Você sabe sobre a Teoria Sintética da Evolução? Ou Neodarwinismo?”

Ci1: “**Mendelismo e darwinismo**, explicando, por exemplo, a **variabilidade**, que já entra no mendelismo. Por exemplos, seus filhos que morreram (Darwin) ele não sabia explicar essa variabilidade, ele não sabia explicar essa parte genética. Já o mendelismo entrou bem, começou explicando, porque que isso ocorria. Um novo conhecimento aplicado”.

P: “Mais algum ponto chave?”

Ci1: “Deve ter mais eu não vou saber responder”.

Cf1: “Darwin tinha a ideia de que as características **hereditárias eram passadas de geração para geração**, Mendel através de uma pesquisa com ervilhas junto com números matemáticos mostrou a **variabilidade** e as características que eram passadas”.

O que se verifica em Ci1 é que, apesar de mencionar o significado da união das teorias de Darwin e Mendel como uma possibilidade para interpretação da variabilidade genética, o estudante não apresenta nenhum dos conceitos defendidos pela Teoria Sintética da Evolução, tais como: mutação, recombinação genética, alterações cromossômicas, seleção natural, entre outros. Por evidenciar uma resposta superficial, Ci1 foi incluso na categoria *Concepção Alternativa*. A resposta Cf21 foi considerada semelhante à inicial, por não apresentar nenhum dado novo para a construção da mesma. Sendo assim, igualmente categorizada *Concepção Alternativa*.

No último exemplo deste grupo de respostas, temos um participante inserido na categoria *Progressista*, no qual a ideia de progresso fica evidenciada na fala de Ci9:

P: “O que você entende por evolução biológica?”

Ci9: “É o desenvolvimento de seres vivos de modo **a ficarem mais complexos** na forma física, visando à melhor adaptação destes”.

Cf9: “**Diferenciação** de espécies com seleção de indivíduos e características que menos atrapalham o desenvolvimento destes. Isso de modo a fazer com que o **ser evoluído tenha um melhor desempenho no ambiente que está**”.

Apesar de na coleta final Cf9 explicitar seu entendimento de evolução como as modificações das espécies, ainda fica evidente um caráter progressista em sua resposta ao mencionar que: “o ser evoluído tenha um melhor desempenho no ambiente que está”, o que determinou sua permanência na categoria *Progressista*. Lembrando que a adaptação não é o resultado final da evolução, mas a resultante posterior a um processo de eliminação ou seleção sexual.

4.3.2 ALTERAÇÕES DE CATEGORIA, APROXIMANDO-SE DOS CONHECIMENTOS ATUAIS

As alterações de categoria, aqui agrupadas, incluem respostas que se aproximaram dos conhecimentos atuais. Nesta situação, encontra-se 45 respostas, o que representa 27,9%.

O que se pôde verificar, neste grupo de respostas, é que houve uma melhor elaboração nas explicações, bem como inclusão de informações, anteriormente não mencionadas na coleta inicial.

Neste agrupamento, as questões com maior número de mudanças favoráveis foram 2 (referente aos mecanismos que podem promover a evolução) e 3 (referente à formação de novas espécies), tendo sete respostas, cada uma delas, com este tipo de alteração. Em todas as perguntas/questões houve, pelo menos, uma resposta que se aproximou dos conhecimentos atuais.

Os excertos, a seguir, representam exemplos deste grupo de respostas:

P: “Como você acha que ocorre a evolução biológica?”

Ci10: “A evolução ocorre através de sucessivas **cruzas** durante muitos anos **entre espécies**”.

Cf10: “A evolução ocorre a partir da **seleção natural** de organismos ‘**menos piores**’, ou seja, o organismo não é perfeito geneticamente, fisiologicamente ou morfológicamente, mas conseguiu sobreviver, se alimentar, se reproduzir levando consigo características negativas e positivas. O ambiente seleciona os **organismos mais aptos**”.

Conforme já explicado na apresentação das categorias, sobre a possibilidade de especiação a partir do cruzamento de espécies diferentes, Ci10 parece desconsiderar que a maior parte dos cruzamentos entre espécies são estéreis, não possibilitando levar adiante a continuação da espécie, ou seja, inviabilizando a evolução.

Em Cf10 houve uma aproximação dos conhecimentos atualmente aceitos, pois o estudante parece ter abandonado a ideia de cruzas entre espécies para evidenciar

mecanismos que promovem a evolução, como a seleção natural. Porém, limita-se a uma visão reducionista deste processo, ao não levantar outros mecanismos, com isso, categorizado como *Parcialmente condizente*.

No trecho seguinte, encontra-se um exemplo de um estudante incluído na categoria *Determinista ambiental*:

P: “Como se forma uma nova espécie?”

Ci1: “Uma nova espécie pode surgir através de **isolamento territorial**, podendo vir a surgir novas espécies. Também pode surgir novas espécies através do processo natural e vir a sofrer modificações de acordo com a **necessidade do ambiente**”.

Cf1: “Através da **separação ou imigração de certas espécies** pode vir a formar novas espécies. Uma **barreira geográfica** ou novos ambientes ocupados pode vir a surgir. Uma nova espécie também pode surgir através da **mutação**, ou através de **processos de hibridação** feitas pelo próprio homem”.

Em Ci1, apesar de citar o isolamento “territorial” (entendendo-se como geográfico), o estudante atribui ao ambiente capacidade de impor “modificações”, ao utilizar o termo “necessidade”, levando a formação de “novas espécies”, o que, de acordo com os conhecimentos atuais, descaracteriza o aspecto selecionador do meio.

Contudo em Cf1, o estudante propõe outros fatores causadores de especiação, além do já citado isolamento geográfico, tal como mutação e hibridação (no caso, formação de organismos transgênicos). A categorização desta resposta como *Parcialmente condizente* refere-se à maneira como a resposta foi produzida, pois não há a formação de uma narrativa (ou corpo de conhecimento) para responder, mas a apresentação de informações desconexas, na tentativa de aumentar as chances de se atingir uma resposta adequada.

Por fim, apresenta-se, para este grupo de respostas, um exemplo de estudante que forneceu explicação que pôde o colocar na categoria *Teológica*, pois manifestou uma intervenção divina para a origem humana.

P: “É comum ouvir dizer que o homem veio do macaco. O que você pensa sobre esta afirmação?”

Ci5: “Eu penso que, o que eu disse que pra outras pessoas que eram **evangélicas** é que eu acreditava nisso... Que eu acredito. Mas eu acreditava que **Deus**, sei lá... que ele tinha **ajudado**. Ninguém sabe se o primeiro homem era igual a gente. Ele poderia ser um humano, ancestral do Homo sapiens. É nisso que eu acredito”.

Cf5: “Penso que esta afirmação é **descuidada**. O homem possui um **ancestral em comum** com os macacos”.

Mesmo exibindo dificuldades para produzir sua resposta, Ci5 expressa dúvidas frente a uma ação divina para a origem da espécie humana, mostrando que, neste caso, a religião representa um obstáculo para o aprendizado desta teoria. Destaca-se a necessidade de manifestação de aspectos religiosos frente às explicações que deram origem a espécie humana.

Entretanto em Cf5, o estudante parece mais preparado para responder este tipo de questionamento, ao produzir uma resposta breve, porém baseada nos conhecimentos atuais, além de não mencionar os aspectos religiosos anteriormente apresentados. Este dado pode evidenciar uma auto-reflexão do estudante, auxiliado pelas discussões ocorridas nas intervenções didáticas.

4.3.3 ALTERAÇÕES DE CATEGORIA, DISTANCIANDO-SE DOS CONHECIMENTOS ATUAIS

Para este grupo de respostas, as alterações encontradas na coleta final, em comparação com a inicial, distanciaram-se dos conhecimentos hoje aceitos. Estes representam 19 respostas, o que perfaz 11,8%.

Seria difícil avaliar os motivos que levaram a estas possíveis alterações, porém uma possibilidade a se considerar, é o fato das discussões desenvolvidas nos módulos terem produzidos rupturas no conhecimento destes alunos, mas que não foram

suficientes para a re-elaboração de respostas, que se aproximassem dos conhecimentos científicos hoje aceitos. Sendo assim, o aluno apenas teria desconstruído, porém sem o tempo suficiente para reconstruí-lo.

As questões que mais apresentaram alterações, que se distanciaram dos conhecimentos aceitos atualmente, foram 1 (referente ao conceito de evolução biológica) e 2 (referente aos fatores que promovem a evolução), tendo cinco respostas alteradas, cada uma. As perguntas “a”, “c”, “d”, “e” e “g” não exibiram este tipo de alteração nas respostas.

Como forma de ilustrar este grupamento de respostas, segue os excertos abaixo:

P: “Algumas pessoas acreditam que a evolução biológica tende a uma finalidade, tem um objetivo, qual sua opinião?”

Ci12: “Eu acho que ela não é **muito linear a evolução**, ele pode ir pra **todos os lados**, né? Tanto **positiva como negativamente**”.

Cf12: “Muitas vezes é aprendido que o homem é o ser vivo mais evoluído na escala biológica e isto demonstra que evolução teria uma direção linear e que o próprio homem seria o último ser nesta escala. Porém, em qualquer ramo há os seres mais evoluídos, sendo que o homem se iguala a eles, pois estão todos existindo e evoluindo, até este momento. **Somente** aqueles considerados **menos ruins sobrevivem** e os **demais**, se **extinguem**.”

Em sua concepção inicial Ci12 apresenta uma explicação aberta, possibilitando uma interpretação da teoria evolutiva casual, o que se aproxima dos conhecimentos aceitos atualmente. Contudo em Cf12, apesar de construir sua resposta na tentativa de se manifestar sua posição contra o pensamento teleológico, Cf12 a confecciona de maneira descuidada, pois ao final de sua resposta o estudante evidencia uma finalidade para a evolução: “a sobrevivência dos menos ruins”. Esta construção permitiu ser inserida na categoria *Finalista*.

Em outro exemplo, o outro aluno discorre de forma a aproximar-se dos conhecimentos atuais, como se segue no excerto:

P: “O uso constante de antibióticos tem sido responsabilizado pelo aumento de cepas de microorganismos resistentes, sendo necessária a descoberta constante de novos medicamentos mais eficazes. Qual sua opinião sobre esta afirmação?”

Ci3: “O uso constante de antibióticos **acaba por selecionar os indivíduos mais resistentes** a eles, logo tendo a predominância e **reprodução dos indivíduos resistentes**”.

Cf3: “Na constante utilização de antibióticos ocorre uma seleção dos microorganismos mais resistentes aos antibióticos. Isso **pode ser um problema**, pois na **ausência de antibióticos** ocorre uma **maior competição entre os organismos**, sejam ele resistentes ou não, **favorecendo uma seleção natural entre eles**”.

Nota-se, em Ci3, uma explicação que se aproxima dos conhecimentos atuais, ao afirmar que o antibiótico promove uma seleção natural, que beneficia organismos resistentes, possibilitando uma maior chance de sucesso reprodutivo, sendo assim, categorizou-se esta resposta como *Condizente*. Entretanto, em Cf3, ao explicar a ação da seleção natural em organismos resistente, o estudante afirma que “na ausência do antibiótico ocorre uma maior competição entre os organismos” que é favorecida pela seleção natural. Esta alegação pode evidenciar um conflito conceitual sobre a seleção natural, pois de acordo com os conhecimentos atuais, este processo é favorecido por ambientes adversos, beneficiando as populações em condições de sobreviver àquele meio desfavorável. Já em situações desprovida de uma adversidade mais acentuada, não há como afirmar quais outros atributos serão favorecidos pela seleção natural. Sendo assim, Cf3 foi incluso na categoria *Concepção Alternativa*.

No último exemplo deste grupo de resposta, o aluno Ci6 forneceu resposta que indica que o mesmo entende o processo de seleção, oriundo de causas naturais, beneficiando os indivíduos “mais aptos”. Por apenas focar a Seleção Natural implicou em categorizá-lo como *Parcialmente condizente*. Seguem-se o excerto:

P: “Como você acha que ocorre a evolução biológica?”

Ci6: “A evolução biológica ocorre através de **eventos naturais** as quais **selecionam** aqueles **indivíduos mais aptos** para coexistirem em um determinado ambiente”.

Cf6: “A evolução biológica ocorre quando existe uma **seleção do ambiente nas espécies** que ali habitam, ou seja, existindo uma **alteração ambiental** as espécies ali presentes **deverão se adaptar para conseguirem sobreviver**, assim, aquelas mais aptas as tais modificações conseguirá fixar-se nesse local”.

Entretanto, em Cf6 o estudante propõe que os organismos “deverão se adaptar para conseguirem sobreviver”, o que confere uma visão determinística ao desconsiderar a adaptação como um processo casual, influenciado pela Seleção Natural. Por esse motivo incluiu-se Cf6 na categoria *Determinista ambiental*.

4.3.4 ALTERAÇÕES DE CATEGORIA, NÃO SIGNIFICANTES

Dentro deste grupo de respostas encontram-se informações manifestadas pelos estudantes, mas que, no entanto, apenas possibilitaram os trocar de categoria. Isto significa dizer que, para este grupo de resposta, as leituras e discussões realizadas ainda não foram suficientes para que houvesse uma ruptura, na qual os estudantes elaborassem respostas que se aproximassem dos conhecimentos atuais. Nesta situação, encontra-se 23 respostas, o que representa 14,3%.

A questão que mais proporcionou este tipo de alteração foi a de número 1 (referente à conceituação de evolução biológica), com sete respostas nesta situação. Já as perguntas “c”, “d”, “e”, “f” e “h” não apresentaram respostas neste grupo. Exemplifica-se a seguir, trechos deste grupo de respostas.

O estudante Ci12 foi incluído na categoria *Factual*, por exibir ideias de uma ciência comprobatória, como um fato ou verdade absoluta, como pode ser visto no excerto a seguir:

P: “O que você entende por teoria científica?”

Ci12: “Acho que quem formula essa teoria tinha um motivo, então ele formou pra explicar alguma coisa, **algum fato** que aconteceu na natureza... Uma teoria pra explicar alguma coisa...”

P: “Mas se alguém diz: mas isso é só uma teoria. Você acha que isso acaba sendo menos considerado?”

Ci12: “Não. Eu acho que em toda teoria **há uma verdade**, então...”

P: “Ser só uma teoria não quer te dizer nada, apenas quer te dizer que é algo já estudado, é isso?”

Ci12: “É... Uma teoria tem mais decisão, tem mais...”

P: “Fala!”

Ci12: “Não... É... O pessoal estuda sempre pra tentar chegar o mais próximo **da realidade, da verdade**”.

Cf12: “Uma teoria científica é um conjunto **de leis e afirmações** que já foram descritas, mas que **não podem ser provadas**, pois já **aconteceram**, sendo assim chamadas de teorias”.

Ci12 mostra a dificuldade de compreender a teoria científica como proposições passíveis de falseamento e aberta a modificações de acordo com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Já em Cf12, há uma construção que uma resposta confusa e distante da definição de teoria científica, o que propiciou sua inserção na categoria *Concepção Alternativa*.

Em outro exemplo, a resposta de Ci3 foi inserida na categoria *Determinista ambiental*, por exibir ideias, nas quais, o estudante considera possível adquirir, do meio, características que permitam a formação de novas espécies, como pode ser visto a seguir:

P: “Como se forma uma nova espécie?”

Ci3: “Uma nova espécie pode surgir de diversas formas, por exemplo, quando em um grupo, parte dele se encontra isolado e **adquire características próprias do micro habitat que vivem**”.

Cf3: “Uma nova espécie pode surgir de diversas formas, através de irradiações, quando uma espécie um novo ambiente, onde este acaba por selecionar os ‘menos piores’ e capazes de habitar este novo local; pode surgir de uma mutação gerada ao longo de várias gerações e quando comparada com o passado verifica-se um indivíduo muito diferente; e também pode surgir através **do cruzamento entre diferentes espécies** gerando um híbrido fértil.

Na resposta de Cf3, além de propor a irradiação, não sendo a maneira como uma espécie pode se modificar, mas um dos processos de especiação, o estudante, também, sugere o “cruzamento entre diferentes espécies gerando um híbrido fértil”. Isto permite categorizar esta resposta como *Hibridação*. Vale ressaltar que a formação de espécie

por hibridação é um processo raro entre espécies vegetais e quase inexistentes entre animais, o que exigiria dos estudantes que, ainda sim, quisessem apresentar este processo, detalharem as características particulares desta formação de espécies, para que não transparecesse uma ideia comum.

Por fim, neste último excerto, o aluno Ci16 evidencia, em sua resposta, explicações que permitem constatar uma visão teleológica, ao afirmar que o processo de evolução visa uma melhor adaptação (“para melhor se adaptarem ao meio”). Sendo assim, a resposta foi categorizada por *Finalista*, como pode ser visto no trecho a seguir:

P: “O que você entende por evolução biológica?”

Ci16: “Evolução é um processo biológico no qual os seres vivos passam por uma transformação morfológica e fisiológica **para melhor se adaptarem ao meio**”.

Cf16: “A evolução biológica explicada atualmente se inicia em um **único tronco**, que se ramifica e se diferencia através da **seleção natural**, formando uma teia complexa de táxons, gêneros e espécies”.

A resposta de Cf16 foi categorizada como *Concepção Alternativa*, por apresentar explicação que não condiz com a pergunta proposta, o que pode sugerir que o estudante mantém a dificuldade para conceituar este processo.

Após analisar os dados empíricos deste trabalho, no capítulo seguinte, inicia-se a discussão das conclusões as quais esta pesquisa possibilitou, bem como ideias para as futuras pesquisas na área de ensino de evolução.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme evidenciado por esta pesquisa, o conceito de evolução biológica é considerado, por vários autores, como eixo unificador dos conhecimentos biológicos. Esta concepção, também, é defendida pelos PCNEM, por considerar que a compreensão

da teoria evolutiva permitiria a interligação dos conceitos biológicos e propiciaria uma menor fragmentação do ensino.

Ao se consultar a literatura científica, verificou-se que as pesquisas, que envolvem o ensino de evolução, destacam que os professores, os alunos e os livros didáticos têm dificuldades com o ensino e aprendizagem do conceito de evolução biológica. A História e Filosofia da Ciência têm sido apontadas como uma importante estratégia na construção de conhecimento científico, por possibilitar perguntas que não são feitas, em geral, em outros momentos do currículo durante a formação do professor.

Baseado nisso, o presente trabalho, buscou verificar como a introdução de uma discussão epistemológica sobre o conceito de evolução biológica poderia contribuir para a aprendizagem, na formação inicial do professor de biologia. Sendo assim, ao finalizar essa pesquisa, o estudo possibilitou algumas conclusões que serão explicitadas a seguir:

- A História e Filosofia da Biologia podem fornecer subsídios para que os estudantes compreendam as posições filosóficas e os contextos históricos ao qual cada teoria está referida, em relação às explicações para o processo de evolução biológica;
- A produção desta pesquisa permite afirmar que o uso da História e Filosofia da Biologia pode ser considerado uma interessante ferramenta metodológica para o ensino de evolução na formação inicial de professores de biologia, pois aliada às discussões, propiciou aos licenciandos momentos de reflexão e confronto com as concepções iniciais;
- No desenvolvimento dos módulos didáticos, o pesquisador encontrou dificuldades na proposição das discussões perante o grupo de estudantes. Isto nos leva a concluir que é preciso estabelecer mais espaços para a reflexão sobre a natureza da ciência nos cursos de formação de professores. Vale ressaltar que a

utilização de questões-problemas, como parte integrante da metodologia, parece ser estratégia interessante de trabalho, visto que o uso das mesmas promoveu interessantes discussões entre os alunos;

- Ainda em relação aos alunos, futuros professores, permitiu dizer que a contraposição entre os conhecimentos prévios baseados em senso comum, quando colocados em confronto com os conhecimentos científicos, propiciado pelos textos da intervenção didática, possibilitou a reflexão destes estudantes com o tema proposto, ainda que necessite de outros exercícios que leve a fixação de conceitos;
- Oportuno salientar que o fato de se encontrar as distorções conceituais referidas em alunos de Biologia não se faz ameaçador, enquanto formação individual, se for fruto de uma posição filosófica particular. Porém esta opinião pode se tornar crítica se a mesma interferir em sua atuação profissional, pois potencializa obstáculos epistemológicos no aprendizado de seus alunos;
- Em relação às categorias apresentada nas respostas dos estudantes, aceita-se a possibilidade de que múltiplas concepções permeiem a aprendizagem dos estudantes (como no caso dos aspectos religiosos frente aos científicos), o que corrobora a ideia de pluralidade de interpretações sugerida por Bastos e Nardi (2009). Este fato pode ser verificado em relatos que, mesmo manifestando sua religiosidade, alguns estudantes explicitavam construção de respostas evolucionista;
- Outra conclusão relevante é que houve, de forma geral, melhor elaboração nas respostas dos estudantes, bem como incorporação de informações que nas concepções prévias inexistia. Sepúlveda e El-Hani (2009) relatam resultados semelhante em seu trabalho sobre ensino de evolução, no qual utilizaram textos

originais de autores que colaboraram no processo de construção do conceito de evolução biológica. Saliento que há necessidades de trabalhos integradores, que visem buscar concepções de estudantes em diferentes níveis escolares, buscando analisar se concepções comuns entre os estudantes, têm relação com os aprendizados escolares e/ou opiniões do senso comum;

- Pode - se concluir, também, que para o Ensino de Biologia faz-se necessário a produção de textos que levem em consideração aspectos históricos e filosóficos na construção conceitual, visto que esses materiais poderiam subsidiar a atuação docente, facilitando o ensino e aprendizagem de Ciências e Biologia de forma mais consistente;
- Para as categorias de análise, que foram elaboradas, permitiram concluir que os estudantes produziram mudanças epistemológicas sobre o conceito de evolução biológica, na medida em que demonstraram relativa compreensão sobre a complexidade do conceito estudado;
- Este trabalho também aponta sobre a necessidade de um ensino de genética mais integrador aos conceitos evolutivos, fornecendo subsídios para uma compreensão do conceito de evolução biológica. A inclusão de uma disciplina de prática de ensino em evolução, também, poderia atuar na promoção desta integração de conceitos, pois forneceria espaço aos alunos para que conceitos, oriundos das diversas disciplinas da biologia, pudessem ser estudados sob a perspectiva da evolução biológica, assim como as orientações pertinentes para seu ensino. Vale evidenciar que outros autores, como Goedert (2004) e Meglhioratti (2004), concordam com a constituição de espaços para que o ensino de Evolução possa ser ministrado de maneira integrada.
- Por fim, considero que, ao permitir espaços de reflexão sobre a epistemologia do

conhecimento biológico, estamos contribuindo para uma formação de professores que potencialize uma ação mais reflexiva e menos dogmática.

Ao finalizar esta pesquisa, faço-me ciente de que outras conclusões poderiam ter sido elaboradas, por meio de análises mais amplas ou inserções de outras fontes de dados, mas que não foram possíveis devido à estratégia adotada pelo pesquisador deste trabalho. Mas ainda sim, espero ter contribuído com informações relevantes para outros estudos em ensino de evolução, bem como para futuras pesquisas com formação inicial de professores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A., (org.) Noûs, In: **Dicionário Escolar de Filosofia**: online. Lisboa: Plátano. 2003. Disponível em: <<http://www.defnarede.com/a.html>>. Acesso em: 18 janeiro 2010.
- AMORIM, D. S. Ao redor de Charles Robert Darwin. **ComCiência**. Artigo. 2009. Disponível em: <<https://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=45&id=533&tipo=1>>. Acesso em: 20 setembro 2009.
- ARAUJO, M. I. O.; SOUZA, J. F. A prática de ensino no processo de formação profissional do professor de biologia. In: ENPEC, VII, Florianópolis. 2009. **Anais...** Florianópolis, 2009.
- ARAUJO, O. J. M. Professores Intelectuais Transformadores e a Formação do Aluno Cidadão Crítico. **WebArtigos.Com**. 2008. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/12433/1/Professores-Intelectuais-Transformadores-e-a-Formacao-do-Aluno-Cidadao-Critico/pagina1.html>>. Acesso em: 21 fevereiro 2010.
- BACHELARD, G. **A Epistemologia**. Trad: Fátima Lourenço Godinho e Mário Carmino Oliveira. Lisboa; Edições 70. 2006. 220 p.
- BAPTISTA, G. C. S. Prática reflexiva para o planejamento de ensino em ciências. **A Página da Educação**. Porto. Nº 131, Ano 13. 2004, p. 42. Disponível em: <http://www.apagina.pt/?aba=7&cat=131&doc=9948&mid=2>. Acesso em: 20 novembro 2009.
- BASTOS, F. NARDI, R. Polêmicas sobre abordagens para o ensino de ciências: uma análise, com ênfase na ideia de pluralidade metodológica. In: TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini; RAZERA, Júlio César Castilho (orgs.). **Ensino de Ciências: Pesquisas e pontos em discussão**. Campinas: Komedi, 2009.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Edições 70, 1977.
- BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001. 125p.
- BELLINI, L. M. Avaliação do conceito de evolução nos livros didáticos. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 17, n. 33, jan./abr. 2006.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de Evolução e História do Darwinismo**. 302f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364 p.

CALDEIRA, A. M. A. Didática e Epistemologia da Biologia. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAÚJO, E. S. N. N. (orgs.). **Introdução à didática da Biologia**. 2009. Série Educação para Ciência - São Paulo: Escrituras, 2009.

CARNEIRO, A. P. N. **A Evolução Biológica aos olhos de professores não licenciados**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1. 2005. p. 33-39.

CHAUÍ, M. S. **Introdução à história da filosofia: dos pré-socráticos a Aristóteles**. 2ª ed.: Editora Companhia das Letras. 2007. 539p.

CICILLINI, G. A. **Evolução Enquanto um Componente Metodológico para o Ensino de Biologia do 2º Grau**: análise da concepção de evolução em livros didáticos. Dissertação (Mestrado em Educação). 230f. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1991.

CLAUDINO-SALES, V. Geografia e Análise Ambiental: abordagem crítica. **Geosp-espaço e tempo**, São Paulo, n. 16. 2004. p. 125-141.

CRAWFORD, B.; ZEMBAL-SAUL, C.; MUNFORD, D.; FRIEDRICHSEN, P. Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. **Journal of research in science teaching** 42 (6): 613-637, 2005.

CUNHA, R. A trajetória da solidez de uma ideia em transformação. **ComCiência**. Reportagem. 2009. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=45&id=539>>. Acesso em: 20 setembro 2009.

D'AMARO, P. **A evolução humana: De onde viemos? Para onde vamos?** 1ª ed. São Paulo: Editora Terceiro Nome. 2006. 105 p.

DAGHER, Z.; BOUJAOUDE, S. Students' perceptions of the nature of evolutionary theory. **Science education** **89** (3): 378-391, 2005.

DARWIN, C. R. **On the origin of species**. Kent: Virtualbooks online, 2000. 337p. Disponível em: <http://virtualbooks.terra.com.br/freebook/ing/on_the_origin_of_species.htm>. Acesso em: 19 janeiro 2009.

_____. **Darwin Correspondence Project Database**. Carta No. 761. 1844. Disponível em: <<http://www.darwinproject.ac.uk/entry-761/>>. Acesso em: 7 Dezembro 2009.

DAVIES, R. **The Darwin Conspiracy: Origins of a Scientific Crime**. 1a ed. Londres: Goldensquare Books, 2008. 204 p.

DIAS, F. M. G.; BORTOLOZZI, J. Como a evolução biológica é tratada nos livros didáticos do ensino médio. In: ENPEC, VII, Florianópolis. 2009. **Anais...** Florianópolis, 2009.

EL-HANI, C. N.; MEYER, D. A evolução da teoria darwiniana. **ComCiência**. Artigo. 2009. Disponível em: <<https://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=45&id=541&tipo=1>>. Acesso em: 20 setembro 2009.

ENGELKE, D. S. **Análise de livros didáticos de Biologia do Ensino Médio: estaria a teoria da evolução sendo um fio condutor?** 2009. 27f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FERREIRA, M. A. **Transformismo e Extinção: de Lamarck a Darwin**. Tese (Doutorado em Filosofia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Trad. Joice Elias Costa 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 405 p.

FREIRE-MAIA, N. **Teoria da evolução: de Darwin à teoria sintética**. Belo Horizonte: Italiana; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988. 415.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. Trad: Mario de Vivo. 2ª ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992. 646 p.

GOEDERT, L. **A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

GOULART, S. M. História da Ciência: elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciências. In: LIBÃNEO, J.C. & SANTOS, A. **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. Editora Alínea. Campinas, 2005.

GOULD, S. J. The Tallest Tale. **Natural History**, v105, p18-23. 1996.

_____. **Darwin e os grandes enigmas da vida**. Trad: Maria Elizabeth Martinez. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999. 274 p.

GOULD, S. J.; ELDREDGE, N. Punctuated equilibrium comes of age. **Nature** – Vol. 366, 1993. Disponível em: http://www.stephenjaygould.org/library/gould_comes-of-age.html Acessado em: 25 maio 2009.

HAMBURGER; E. W.; GALEMBECK, F.; BARBOSA, J. L. M.; TENENBLAT, K.; DAVIDOVICH, L.; BEIRÃO, P. S. L.; SCHWARTZMAN, S. O ensino de ciências e a educação básica: propostas para superar a crise. **Academia Brasileira de Ciência**. Rio de Janeiro, 2007.

HENRIQUES, A. **A teoria Malthusiana**. Instituto Politécnico de Coimbra. 2007.
Disponível em:
http://www.miniweb.com.br/ciencias/artigos/Thomas_Robert_Malthus.pdf. Data de acesso: 19 junho 2009.

HORTA, M. R. A primeira teoria evolucionista de Wallace. **Scientia e Studia**. Vol.1, No 4. 2003. p. 519-530.

INGRAN, E.; NELSON, C. Relationship between achievement and students acceptance of evolution or creation in an upper-level evolution course. **Journal of research in science teaching** 43 (1): 7-24, 2006.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida**; Trad.: Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

JENSEN, M.; FINLEY, F. Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. **Journal of research in science teaching** 33 (8): 879-900, 1996.

KAWASAKI, C. S.; EL-HANI, C. N. Uma análise das definições de vida encontradas em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Coletânea do VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia**, 2002.

LENNOX, J. G. Darwin's Evolution of the Theses. **The Wall Street Journal**. Pittsburgh. 30 dezembro 2008. Disponível em: <<http://online.wsj.com/article/SB123060404325341583.html>>. Acesso em: 7 dezembro 2009.

LEWIN, B. **Genes IX**, 9ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 893 p.

LIRA, M. V. Evolução Geomorfológica do Front Norte da Serra da Ibiapaba, Ceará, e Processo de uso e ocupação do território. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, XIII, 2009, **Trabalho Completo...** Viçosa, 2009.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A., **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas**, 6ª ed. São Paulo. EPU, 1986. 99 p.

MAIA, A. C. A. Criacionismo e o conceito de Design Inteligente. **Instituto comportamento, evolução e direito**. Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: http://www.iced.org.br/artigos/criacionismo_design_antonio_maia.PDF Acessado em: 20 maio 2009.

MARTINS, L. A. P. **A teoria da progressão dos animais de Lamarck**. 403f. Dissertação (Mestrado em Genética). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

_____. A História da Ciência e o Ensino de Biologia. **Ciência & Ensino**. Campinas, n. 5, 1998.

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge. 1994. 286 p.

MAYR, E. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo**. Trad: Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras. 2008. 428 p.

_____. E. **O que é a evolução**. Trad.: Ronaldo Sergio de Biase e Sergio Coutinho de Biase. Rio de Janeiro: Rocco. 2009. p. 342.

MEGLHIORATTI, F. A. **Historia da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de Biologia**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista: “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2004.

_____, F. A. **O conceito de organismo: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de biologia**. 2009. 254f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2009.

MENDES, B. M. M. Formação de professores reflexivos: limites, possibilidades e desafios. **Linguagens, Educação e Sociedade**, Teresina, n. 13, p. 37 - 45. 2005.

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

MESQUITA FILHO, A. Ensaio sobre filosofia da ciência. **Espaço Científico Cultural**. Cap. 2. 2000. Disponível em: <http://www.ecientificocultural.com/ECC2/FilCien/cap02.htm> Acessado em: 15 abril 2009.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. Editora Unesp, São Paulo. 2005. 137 p.

MORALES, A. P. Os caminhos atuais do evolucionismo. **ComCiência**. Reportagem. 2009. Disponível em: <<https://www.comciencia.br/comciencia/index.php?section=8&edicao=45&id=540>>. Acesso em: 20 setembro 2009.

NIETZSCHE, F. Empédocles de Agrigento. In: SOUZA, J. C. de. **Os pré-socráticos: fragmentos, doxografia e comentários**. 2. ed. São Paulo, Abril Cultural. 1978. p. 213-248.

ODY, L. C. **Teoria e História na Geologia**. Dissertação (Mestrado em Filosofia) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PAIVA, R. **Causas de resistência bacteriana**. 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/causas-de-resistencia-bacteriana-doc-a17780.html>>. Acesso: 23 janeiro 2010.

POUGH, F. H. **A vida dos invertebrados**. Trad: Erika Schlenz. São Paulo: Atheneu, 1999. 798p.

PRETTO, N. D. L. **A Ciência nos livros didáticos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1985.

QUEIROZ, M. M. A. O Ensino de Ciências Naturais - reprodução ou produção de conhecimentos. In: III Congresso Internacional de Educação e IV Encontro de Pesquisa em Educação da Universidade Federal do Piauí, 2006, Teresina. **A Pesquisa como mediação das práticas sócio-educativas**. Teresina: EDUFPI, 2006.

ROSE, M. R. **O Espectro de Darwin**. A Teoria da evolução e suas implicações no mundo moderno. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor Ltda, 2000. 265p.

RUSSEL, B. **História do pensamento ocidental: a aventura dos pré-socráticos a Wittgenstein**. Trad.: Laura Alves e Aurélio Rebello. Rio de Janeiro. Ediouro, 2003. 510p.

SALVATO, F. Epigenética. In: SEMINÁRIOS DE "GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS" 2º semestre de 2007. Piracicaba. **Resumo...** Piracicaba. 2007. Disponível em: <<http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/FSalvato-200702-Resumo.pdf>>. Data de acesso: 01 dezembro 2009.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

SENE, F. M. O Teorema de Hardy-Weinberg completa 100 anos. **Revista Genética na Escola**. Vol. III, n. 2, p. 39-41, 2008.

SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Ensino de Evolução: Uma experiência na formação inicial de professores de Biologia. In: TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini; RAZERA, Júlio César Castilho (orgs.). **Ensino de Ciências: Pesquisas e pontos em discussão**. Campinas: Komedi, 2009.

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

SILVA, M. H. S.; DUARTE, M. da C. O diário de aula na formação de professores reflexivos: resultados de uma experiência com professores estagiários de Biologia/ Geologia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 1, n. 2, p. 73-84, 2001.

SLOAN, P. Evolution, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2008 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.). Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/archives/win2008/entries/evolution/>>. Data de acesso: 06 março 2009.

SMITH, C. H. **Frequently asked questions**. In: THE ALFRED RUSSEL WALLACE PAGE. 2009. Disponível em: <<http://web2.wku.edu/~smithch/index1.htm>>. Acesso em: 7 dezembro 2009.

STEBBINS, G. L. **Processos de evolução orgânica**. Trad: Sergio de Almeida Rodrigues e Paulo Roberto Rodrigues. São Paulo: Polígono e Universidade de São Paulo, 1970. 252 p.

TEIS, D. T.; TEIS, M. A. **A abordagem qualitativa: a leitura no campo de pesquisa**. 2006. Disponível em: <<http://www.bocc.ubi.pt/pag/teis-denize-abordagem-qualitativa.pdf>>. Acesso em: 25 janeiro 2010.

TENREIRO-VIEIRA, C. Formação em pensamento crítico de professores de ciências: Impacte nas práticas de sala de aula e no nível de pensamento crítico dos alunos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 3, Nº 3. 2004. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/Numero3/ART1_VOL3_N3.PDF. Acesso em: 20 novembro 2009.

TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. **Genet. Mol. Biol.** [online], vol.27, n.1. 2004. p. 124-131.

TIDON, R.; VIEIRA, E. O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. **ComCiência**. Artigo. 2009. Disponível em: <https://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=45&id=535&tipo=1>. Acesso em: 20 setembro 2009.

TRINDADE, D. F. A interface Ciência e Educação e o papel da História da Ciência para a compreensão do significado dos saberes escolares. **Educação: Temas e Problemas**, v. 5, p. 37-46, 2008.

VALOTTA, L. A.; ANDRADE, S. T.; BORGES, O. F.; PETROLIO, C.; RENAULT, L.M. P. Frequência de genes em populações: subsídios para o ensino de Evolução e seleção natural. In: VII Encontro Perspectiva Ensino de Biologia. **Anais**. São Paulo: FEUSP, 2000.

VITTE, A. C. Da Teleologia da Natureza ao Darwinismo: mutações e possibilidades interpretativas sobre a construção da Geografia Física Moderna. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12, 2009, Montevideú. **Anais...** Área 2, 2009.

WILKINS, J. S. **Darwin worship, and demonisation**. In: EVOLVING THOUGHTS. 2009. Disponível em: <http://scienceblogs.com/evolvingthoughts/2009/01/darwin_worship_and_demonisation.php>. Acesso em: 7 dezembro 2009.

ZUZOVSKY, R. Conceptualization a teaching experience on the development of the idea of evolution: an epistemological approach to the education of science teachers. **Journal of research in science teaching** 31 (5): p.557-574, 1994.

ANEXO I - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Bauru



O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, em sua 53ª Reunião Ordinária realizada no dia 03 de dezembro de 2009, no Prédio do STI da Faculdade de Ciências da UNESP, Campus de Bauru, às 09h00, após análise do parecer emitido pelo relator **APROVA** o projeto "A história e a filosofia da biologia como ferramenta metodológica para o ensino/aprendizagem do conceito de evolução biológica na formação inicial de professores de biologia", Processo nº 2496/46/01/09, sob responsabilidade da Professora Doutora Ana Maria de Andrade Caldeira.

Bauru (SP), 03 de dezembro de 2009

PROF. DR. ARI FERNANDO MAIA
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Av. Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa - Bauru-SP - CEP: 17.033-360
Fone: (14) 3103-8187 - email: celiaf@fc.unesp.br

ANEXO II - GRADE CURRICULAR DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICA – PERÍODO INTEGRAL

2705 – LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS					
Período Integral – (Para ingressantes a partir do ano de 2006)					
Resolução UNESP nº 101, de 03/11/2005.					
Reconhecido pelas MEC nº 1.042 e CEE/GP nº 703, de 31/08/1995 e 12/12/2007, publicadas no D.O. de 01/09/1995 e 15/12/2007.					
CÓD.	DEPTO.	DISCIPLINA	NC	PRÉ-REQUISITO	CO-REQUISITO
1º TERMO					
4000	CBI	BIOLOGIA CELULAR	06		
4001	CBI	INVERTEBRADOS	08		
4002	EDU	ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO I (PCCC)	02		
4003	MAT	MATEMÁTICA	02		
4004	QUI	QUÍMICA	06		
4005	QUI	LABORATÓRIO DE QUÍMICA	02		
2º TERMO					
4006	CBI	BIOLOGIA MOLECULAR	04		
4007	CBI	MORFOLOGIA VEGETAL	08		
4008	EDU	ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO II (PCCC)	02		
4009	FIS	FÍSICA GERAL	04		
4010	QUI	BIOQUÍMICA	06		
4011	DEP	BIOESTATÍSTICA	04		
3º TERMO					
4012	CBI	ANATOMIA GERAL E HUMANA	04		
4013	CBI	GEOLOGIA	02		
4014	CBI	PALEONTOLOGIA	02		
4015	CBI	VERTEBRADOS	08		
4016	EDU	PSICOLOGIA DA EDUCAÇÃO (PCCC)	04		
4017	EDU	DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS (PCCC)	02		
4º TERMO					
4018	CBI	BIOFÍSICA	04		
4019	CBI	EMBRIOLOGIA COMPARADA	04		
4020	CBI	HISTOLOGIA	04		
4021	CBI	SISTEMÁTICA VEGETAL	08		
4022	EDU	DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS II (PCCC)	04		
5º TERMO					
4023	CBI	ECOSSISTEMAS	04		
4024	CBI	FISIOLOGIA VEGETAL	08		
4025	CBI	GENÉTICA	08		
4026	CBI	BOTÂNICA ECONÔMICA	04		
4027	EDU	ESTÁGIO CURRICULAR I (ECS)	03		

CÓD.	DEPTO.	DISCIPLINA	NC	PRÉ-REQUISITO	CO-REQUISITO
6º TERMO					
4029	CBI	EVOLUÇÃO	04		
4030	CBI	FISIOLOGIA COMPARADA	08		
4031	CBI	METODOLOGIA CIENTÍFICA (AACC)	04		
4032	EDU	HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA (PCCC)	04		
4033	EDU	ESTÁGIO CURRICULAR II (ECS)	03		
4034	EDU	ENSINO DE CIÊNCIAS FÍSICA E QUÍMICA NOS 3º E 4º CICLOS DA EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL (PCCC)	01		
4035	EDU	ESTÁGIO CURRICULAR III (ECS)	04		
4036	EDU	HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA (PCCC)	02		
7º TERMO					
4037	CBI	COMPORTAMENTO ANIMAL	04		
4038	CBI	ECOLOGIA DE COMUNIDADES	04		
4039	CBI	ECOLOGIA DE POPULAÇÕES	04		
4040	CBI	IMUNOLOGIA	04		
4041	CBI	MICROBIOLOGIA	04		
4042	EDU	ESTÁGIO CURRICULAR IV (ECS)	05		
4043	EDU	EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA BÁSICA (PCCC)	02		
4044	EDU	ESTÁGIO CURRICULAR V (ECS)	04		
4045	EDU	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO APLICADAS AO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA (PCCC)	01		
8º TERMO					
4046	CBI	EDUCAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA	04		
4047	CBI	FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS E SOCIAIS (AACC)	02		
4048	CBI	PARASITOLOGIA	04		
4049	EDU	ESTÁGIO CURRICULAR VI (ECS)	04		
4050	EDU	ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA EM ESPAÇOS NÃO FORMAIS (PCCC)	01		
4051	EDU	ESTÁGIO CURRICULAR VII (ECS)	04		
4052	EDU	ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA COM ÊNFASE NAS RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (PCCC)	01		
***	***	ATIVIDADES ACADÊMICO-CIENTÍFICO-CULTURAIS (AACC)	08		

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DURAÇÃO DO CURSO: 4 ANOS (MÍNIMO) / 6 ANOS (MÁXIMO)

CRÉDITOS EM DISCIPLINAS DO CURRÍCULO 150 CRÉDITOS – 2.250 H/A ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO (ECS) 27 CRÉDITOS – 405 H/A PRÁTICA DE ENSINO/COMPONENTE CURRICULAR (PCCC) 27 CRÉDITOS – 405 H/A ATIVIDADES ACADÊMICO-CIENTÍFICO-CULTURAIS (AACC) 14 CRÉDITOS – 210 H/A

Disciplinas Fundamentos Filosóficos e Sociais e Metodologia Científica, Outras Participações: participação em atividades científico culturais diversas (congressos, semana acadêmicas e trabalhos comunitários, cursos de extensão e outros) e Disciplinas Opcionais.

TOTAL DE CRÉDITOS EXIGIDOS 218 CRÉDITOS – 3.270 H/A

Atualizado em 30/06/2008

SEÇÃO DE GRADUAÇÃO

Av. Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 -Vargem Limpa – Bauru-SP -CEP: 17033-360
Fone: (14) 3103-6076 -Fax: (14) 3103-6074 -email: sg@fc.unesp.br -site: www.fc.unesp.br

ANEXO III - APOSTILA UTILIZADA NOS MÓDULOS DIDÁTICOS

**UNIVERSIDADE ESTUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”**

DISCUTINDO A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA (AULAS 1 a 4)

Apostila utilizada na disciplina
Evolução do curso de Ciências
Biológicas no ano de 2009.
Professor responsável: Jehud
Bortolozzi

Organizador: André Luis Corrêa

**Bauru
2009**

Introdução às discussões em ensino de evolução

Os textos abaixo contêm trechos retirados na íntegra de diferentes fontes, motivo pelo qual se marcou em *itálico*. Os recuos representam citações presentes nas obras consultadas. A bibliográfica de cada texto situa-se ao final dos trechos correspondentes.

Definindo hipóteses, teorias, leis e conceitos.

Para se entender como a ciência age é imprescindível antes de qualquer coisa compreender a linguagem científica e o significado de termos como: hipótese, teoria, lei e conceitos. É muito importante compreender a diferença destes termos para construir uma visão geral sobre a ciência. No entanto, não raro todos eles são interpretados de forma coloquial, causando ainda mais confusão entre as pessoas que não estão habituadas com o cenário científico.

Muitos dos termos utilizados pela ciência, por desinformação, acabam gerando pouca credibilidade, o que pode levar algumas pessoas a afirmar que, por exemplo, que uma dada teoria não tem valor, pois configuram apenas teoria, ou seja, nada está provado ainda. É importante observar que em ciências não existem verdades absolutas e que, portanto, o status de teoria é considerado permanente, ao menos até que a teoria seja refutada ou substituída por outra melhor.

As hipóteses são a base do trabalho científico. São basicamente ideias que tentam explicar algum evento observável. Uma teoria é uma rede conceitual consistente que proporciona o arcabouço, no qual, novos conhecimentos são construídos. As leis científicas descrevem um evento observável que ocorre com regularidade. Devemos salientar que no mundo vivo as regularidades são constantes, porém não são universais e contêm exceções, configurando como probabilísticas e muito restritas no tempo e no espaço. Dessa forma, o conhecimento biológico está fundamentado mais em construções conceituais do que em leis biológicas.

Os conceitos constituem um termo de significado muito amplo, mas pode ser definido como qualquer imagem mental. Os empiristas pensam os conceitos como o resultado de um processo de abstração a partir da experiência. Segundo Mayr (2008), em biologia, as teorias são baseadas em conceitos.

Fonte:

MESQUITA FILHO, A. Ensaio sobre filosofia da ciência. **Espaço Científico Cultural**. Cap. 2. 2000. Disponível em: <http://www.ecientificocultural.com/ECC2/FilCien/cap02.htm> Acessado em: 15 abril 2009.

Algumas explicações sobre a diversidade de espécies da Grécia Antiga ao século XIX

A teoria mais aceita pela ciência para explicar o aparecimento da espécie humana na Terra é a Teoria da Evolução, amparada no conceito de seleção natural que tem suas origens no trabalho de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace no século XIX. Mas há quem discorde da Teoria da Evolução, como os defensores do chamado design inteligente, que pregam que o homem é fruto não de uma evolução natural, mas de uma inteligência superior. O berço do design inteligente é o Discovery Institute, uma sociedade educacional sem fins lucrativo cuja base de pensamento está apoiada no cristianismo. O instituto foi criado em 1990 e está sediado em Washington, nos Estados

Unidos. O design inteligente não é aceito pela ciência convencional, principalmente porque suas ideias não podem ser comprovadas por meio de indícios materiais, retomaremos essa discussão posteriormente.

Esse duelo entre teorias apoiadas em provas científicas e defensores de outras formas de pensar não é tão novo assim. As explicações de cunho sobrenatural para as origens do ser humano existem, muito provavelmente, desde que o primeiro feiticeiro realizou seu primeiro ritual, ainda no Período Paleolítico, há mais de 12 mil anos. A teoria do design inteligente, por exemplo, vai de encontro ao que prega o ocultismo, um conjunto de teorias e prática que teve origem no antigo Egito. Tentando desvendar os segredos da natureza e do ser humano de forma espiritual e mística, o ocultismo influenciou várias religiões, como o budismo e o hinduísmo. De modo simplificado, essa filosofia diz que a humanidade teria surgido há cerca de 18 milhões de anos, quando seres mais evoluído que viviam em outras esferas encarnaram em seres mais simples que viviam na Terra, gerando uma evolução.

A religião, por sinal, sempre forneceu respostas para essas questões. A cada culto que se moldava ao longo dos milênios, uma nova lenda era forjada. Todas ligadas à divindade, acontecimentos fantásticos ou eventos transcendentais.

Algo de diferente, porém, brotou conforme o pensamento lógico começou a florescer nas civilizações. O filósofo grego Anaximandro, que viveu entre 611 e 547 a.C., é apontado por alguns historiadores como o precursor das explicações racionais sobre a origem do homem. Nascido em Mileto, Anaximandro foi discípulo de Tales - o primeiro filósofo ocidental de que se tem notícia e um dos sete sábios da Grécia Antiga.

Anaximandro foi responsável por feitos científicos notáveis. Criou um relógio solar, desenhou o primeiro esboço já conhecido do mundo habitado e também desenvolveu uma então inédita descrição do céu. "Por tudo o que sabemos, ele pode ser considerado uma das maiores mentes que já tivemos no planeta", diz o historiador Dirk Couprie, da Universidade de Leiden, na Holanda, um dos maiores especialistas na obra e na vida do filósofo grego.

A grande contribuição de Anaximandro, porém, foi ter elaborado a primeira teoria filosófica sobre evolução dos animais. Ele considerava que todos os seres vivos haviam se originado do lodo marinho. E que o homem teria surgido do ventre dos peixes.

Era uma conjectura não religiosa - talvez a primeira de todas. E também uma teoria muito mais próxima das aceitas atualmente do que outras que viriam depois dele. O grande problema para os historiadores é que quase tudo a respeito de Anaximandro é sabido por fontes indiretas, já que os escritos de Anaximandro se perderam com o tempo.

Aristóteles e a geração espontânea

A inexistência de registros escritos precisos da obra de Anaximandro levou muitos estudiosos a considerar pioneira outra teoria científica a respeito da origem da vida, surgida duzentos anos depois, com Aristóteles (384-322 a.C.). O filósofo grego reuniu tudo o que se sabia sobre o tema em diversas civilizações, incluindo a babilônica, a egípcia e a hindu. Modelou então uma explicação que perduraria por muitos séculos: a geração espontânea.

Segundo essa teoria, duas premissas precisavam se harmonizar para que surgisse a vida: a matéria e a forma. Quando a matéria bruta era submetida a uma determinada forma (ou condição), o resultado era o aparecimento de organismos vivos - sem que houvesse a necessidade de pai e mãe. Isso explicaria, por exemplo, porque

frutas deixadas para apodrecer geravam moscas. Ou como a carne largada ao sabor das intempéries produzia vermes. Ou, ainda, como o milho armazenado num paiol escuro dava origem a ratos. Em outras palavras, as espécies simplesmente brotavam e a partir de então se reproduziam.

Essa hipótese pode parecer uma bobagem à luz do que se sabe hoje, mas era sensata se analisada sob o contexto da época. Ela provinha da observação – um dos pilares da ciência moderna. Só que as técnicas de observação da época careciam de precisão – o microscópio, por exemplo, só seria inventado quase dois mil anos depois. E por isso não se percebiam os ovos deixados por outras moscas ou as minúsculas larvas que já infestavam a carne, por exemplo.

A geração espontânea permaneceu como ideia principal do surgimento das espécies por quase dois milênios. Na Idade Média, seria adotada pela nata intelectual da Igreja Católica, sobretudo por Santo Agostinho e São Tomás de Aquino, e se tomaria uma peça-chave para a ideia que viria a seguir: o criacionismo.

Foi Deus quem fez você?

A ideia da criação de todos os seres sobre a Terra por uma divindade não era nada nova. Como dito antes, todas as religiões, de uma forma ou de outra, atribuíam a existência de animais e vegetais à intervenção direta de um ser supremo. Mas, a partir da Idade Média, o cristianismo tomou para si a tarefa de defender essa noção, preenchendo as lacunas bíblicas com qualquer explicação que pudesse formular.

Foi nesse contexto que se espalhou o fixismo, uma teoria segundo a qual todos os bichos ou plantas haviam sido criados por Deus tal qual eram, sem nunca terem sofrido nenhum tipo de evolução ou adaptação. Portanto, eram imutáveis e assim ficariam para sempre.

Para os fixistas o ser humano também era único. Parentesco com macacos? Nem pensar. E o mesmo valia para qualquer outro ser vivo, de uma pulga a uma sequoia. Todos haviam sido desenhados individualmente pelo criador e, portanto, não descendiam de ninguém.

Essa doutrina recebeu apoio não apenas das religiões em geral, mas também de homens de ciência, como o barão francês Georges Cuvier (1769 - 1832). Filósofo, naturalista, anatomista e zoólogo, ele era considerado um gênio. Assumiu em 1795 a função de assistente do Museu de História Natural de Paris e foi nomeado por Napoleão Bonaparte inspetor-geral da educação e membro do Conselho de Estado.

Graças à campanha militar de Napoleão no Egito, Cuvier pôde coletar esqueletos de gatos mumificados há milhares de anos, nos tempos dos faraós. E o estudo desses felinos levou-o a concluir que não apresentavam diferenças anatômicas em relação aos gatos de então, o começo do século XIX. Isso seria mais uma prova da inexistência de qualquer tipo de evolução orgânica. Os seres eram “fixos”.

Mas o que dizer dos fósseis de animais que àquela altura - início do século XIX - começavam a aparecer mundo afora? Segundo Cuvier, eram espécies extintas pela chamada “hipótese catastrófica”. Ou seja, a ideia de que a Terra sofrera uma sucessão de acidentes naturais que destruíram as espécies existentes. Exatamente como preconizava a Igreja, com o dilúvio enfrentado por Noé e sua arca. Por isso, o fixismo imperou até o fim do século XIX.

Benditas ervilhas!

Mendel era um monge austríaco, responsável por uma modesta igreja em Brno (na atual República Tcheca). Ele enunciou em 1866 uma teoria que ia contra os dogmas de sua própria Igreja. Usando como laboratório uma simples plantação de ervilhas nos fundos de seu mosteiro, Mendel descobriu que podia prever e modificar os atributos de uma geração de ervilhas de acordo com os cruzamentos que promovia. E assim formulou uma teoria sobre a hereditariedade, por meio da qual fatores dominantes ou recessivos eram apontados como responsáveis por características externas da leguminosa.

Soava como uma heresia, pois as conclusões de Mendel indicavam que o ser humano podia interferir intencionalmente nos predicados de qualquer animal ou vegetal - algo até então encarado como um poder exclusivo de Deus. Por isso, o próprio Mendel preferiu nunca fazer estardalhaço com seu trabalho científico. Manteve-se quieto.

Seus estudos só seriam descobertos no começo do século XX. Foi então que, baseado neles, outros cientistas como William Bateson e Wilhelm Johannsen cunhariam os termos "genes" e "genética". Mais do que isso, surgiram os conceitos de genótipo - como sendo a carga de genes responsáveis pelas características de um indivíduo - e fenótipo - definido como a aparência de um indivíduo, resultante de seu genótipo e dos fatores ambientais que o cercam. E disso nasceria - com quarenta anos de atraso - a ciência que nos conduziu aos avanços genéticos de hoje em dia.

Fonte:

D'AMARO, P. **A evolução humana: De onde viemos? Para onde vamos?** 1ª ed. São Paulo: Editora Terceiro Nome. 2006. 105 p.

Design Inteligente

A expressão Design Inteligente (DI) possui pelo menos dois sentidos que serão explorados. O primeiro deles é aquele que se refere a uma explicação teórica da natureza baseada numa força consciente, finalista, bondosa e racional, que funciona como fonte criadora da variabilidade de ambientes e de espécies. Numa segunda acepção do termo, quase que uma derivação da primeira, Design Inteligente é o nome da pseudociência dos criacionistas. O DI, com pretensão status de ciência, foi criado especialmente para competir com a Evolução em termos científicos e dividir o espaço reservado ao ensino da ciência dessa Disciplina.

*William Paley era um teólogo britânico que viveu entre o final do século XVIII e início do século XIX. Tinha reverência devida para com a complexidade e achava que ela merecia uma explicação. É dele a autoria do argumento do Desígnio, que surgiu com a publicação, em (1802) do livro *Natural Theology – or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity Collected from the Appearances of Nature* (Teologia Natural – ou Evidências da Existência e dos Atributos da Divindade Reunidos a partir dos Fenômenos da Natureza), até hoje celebrados como um dos melhores argumentos a favor da prova da existência de um Deus.*

Segundo a parábola de Paley: Suponha que você está atravessando um campo aberto e de repente topasse com uma pedra e que alguém me perguntasse desde quando essa pedra está ali eu posso responder, sem medo do absurdo, que até onde eu saiba esta pedra está lá desde sempre. Mas se ao invés de topar com uma pedra, fosse com

um relógio que eu cruzasse no caminho. Certamente a resposta não poderia ser a mesma que usei para a pedra.

Um relógio é muito diferente de uma pedra. A diferença decorre de que o segundo é um objeto físico natural, enquanto que o primeiro é um objeto manufaturado, seguindo um projeto que o antecedeu. Projeto sofisticado que envolve engrenagens precisas que se articule com um propósito definido: mostrar as horas. Tudo no relógio é voltado para isso. Cada engrenagem, mola ou peça desempenha uma função específica correlacionada com a função principal. Então se topássemos com um relógio teríamos que imaginar um relojoeiro, que aprendeu sua construção e designou seu uso.

Para Paley, ninguém em sã consciência poderia negar uma evidência dessa, a não ser o ateu quando explica as coisas da natureza. Todas as manifestações de artifício, todas as manifestações de um design existem igualmente na natureza, em grau e quantidade acachapantes.

Usou o argumento do complexo olho humano – que depois seria retomado por Darwin, comparando-o a um instrumento projetado pelo homem, que é o telescópio e conclui que “as provas de que o olho foi feito para a visão são precisamente as mesmas que mostram que o telescópio foi feito para auxiliá-la”.

Evidentemente que um argumento como esse, para explicar o surgimento da vida e a origem do homem, através da intervenção direta do Criador, propiciava a recepção da Bíblia como verdade absoluta e não como texto simbólico, que poderia ser interpretado de maneira mais livre. O que valia – e ainda vale em muitos lugares do planeta – é uma interpretação literal das escrituras. Se for Deus o Designer, evidente que seu relato, expresso na Gênese é que dá conta do surgimento da terra e da origem do homem.

Vamos recapitular a versão bíblica. Na primeira semana, que teria se iniciado em 22 de outubro de 4004 AC, segundo cálculos precisos do Arcebispo James Ussher publicados em 1658, Deus criou o céu e a terra, praticamente como ela existe hoje. Criou também o homem à sua imagem e semelhança e a mulher, a partir da costela de Adão. Animais e plantas foram criados por Deus, diretamente, para distrair o homem e provê-lo de alimento e permaneceram fixas durante todo esse período de tempo a não ser aquelas que se extinguíram em catástrofes naturais mencionadas em seu próprio texto.

Para os criacionistas, adeptos do Design consciente de Paley, o mundo orgânico dá provas inegáveis de organização: coisas destinadas a fins determinados (como no exemplo do olho). Organismos têm traços, adaptações que servem a certas funções, que ajudam os detentores na sobrevivência e reprodução, numa doutrina conhecida como finalista ou das “causas finais”. Porém, a diferença é que o mecanismo operacional típico para os religiosos é o Designer sábio; o relojoeiro. O relógio da vida, organizado tão perfeitamente, somente poderia ser resultado da direta intervenção divina. Para os cientistas, o mecanismo operacional é cego.

Fonte:

MAIA, A. C. A. Criacionismo e o conceito de Design Inteligente. **Instituto comportamento, evolução e direito**. Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: http://www.iced.org.br/artigos/criacionismo_design_antonio_maia.PDF Acessado em: 20 maio 2009.

As ideias de Lamarck

Uma grande mudança nas circunstâncias que se torne constante para uma raça de animais leva esses animais a novos hábitos. Se as novas circunstâncias se tornam permanentes para uma raça de animais, isso os leva a novos hábitos que levam a novas ações. Estas, ao se tornarem habituais, levam ao emprego de uma parte preferivelmente a outra, e em alguns casos à falta total de emprego de tal parte que se torna inútil (Philosophie zoologique, vol. 1, p. 188). Essa seria a causa principal da gradativa alteração dos animais:

"A falta de emprego de um órgão, tornada constante por hábitos que se adquiriu, empobrece gradualmente esse órgão, e acaba por enfraquecê-lo e mesmo fazê-lo desaparecer" (Philosophie zoologique, vol. 1, p. 204). Lamarck vai fornecer exemplos que parecem confirmar essa ideia. Entre eles cita o caso de animais que não usam os dentes para a mastigação e em decorrência disso, estes ficam escondidos nas lâminas ósseas das mandíbulas. Por exemplo, Geoffroy encontrou em fetos de baleia dentes oclusos. Em pássaros foram encontrados entalhes onde os dentes deveriam ter sido colocados. Cita ainda o caso da toupeira que possui olhos pequenos e não aparentes devido ao hábito de fazer pouco uso da visão (Philosophie zoologique, vol. 1, pp. 205-6).

"O emprego frequente de um órgão tornado constante por seus hábitos aumenta as faculdades desse órgão desenvolvendo-o e fazendo-o adquirir dimensões e força de ação inexistentes nos animais que o empregam menos" (Philosophie zoologique, vol. 1, p. 211). Pássaros que vivem em árvores apresentam dedos dos pés mais alongados. As unhas, com o tempo, tornam-se alongadas e curvas para envolver os galhos em que o animal repousa frequentemente. Pássaros que nadam desenvolveram com o tempo membranas entre os dedos. Seu pescoço se torna mais alongado para que possam retirar da água larvas aquáticas e pequenos animais que lhes servem de alimento.

Depois de fornecer vários exemplos, Lamarck conclui que "não é a forma, seja do corpo ou de suas partes, que dá lugar aos hábitos e à maneira de viver dos animais, mas são ao contrário, os hábitos, a maneira de viver, e todas as outras circunstâncias que influem com o tempo constituindo a forma do corpo e das partes dos animais. Com novas formas novas faculdades vão sendo adquiridas, e pouco a pouco a natureza chega a formar os animais tais como os vemos atualmente" (Philosophie zoologique, vol. 1, p. 229).

Lamarck enuncia quatro leis que resumem a sua teoria transformacionista. A primeira lei se refere ao princípio da tendência natural para o aumento da complexidade orgânica que se observa nos grandes grupos das séries de plantas e animais. As outras três leis procuram explicar como as mudanças ocorreram e dar conta das irregularidades que ocorrem nos níveis inferiores às classes. A segunda lei trata da maneira pela qual evoluem os novos órgãos de um animal sofrendo a influência do meio. A terceira lei trata do "uso e desuso" e sua influência no corpo como resultado de um novo hábito. A quarta lei trata da herança dos caracteres adquiridos para explicar as mudanças cumulativas e o aparecimento de novas estruturas.

Essa lei, um ponto fulcral de ataque em relação à teoria de Lamarck, que não é aceita atualmente, era, entretanto, adotado na época de Lamarck pela maior parte de seus contemporâneos, que não a criticaram nem ofereceram também nenhuma evidência dela. É uma ideia antiga que está presente em Hipócrates, e que continuou a ser aceita muito após Lamarck, até o final do século XIX.

A origem dos seres vivos para Lamarck

Para Lamarck, o supremo Autor de todas as coisas criou uma "ordem de coisas" (a natureza), com suas leis. Essa natureza deu origem sucessivamente a todos os seres vivos, vegetais e animais (ver Philosophie zoologique, p. 28), sem a intervenção divina. Para isso, não foi necessária a criação de nenhum germe ou ser espiritual primitivo (alma, espírito), pois a vida é um fenômeno essencialmente físico (Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, vol. 1, p. 60). Num passado remoto não existiam seres vivos; depois, a natureza criou os primeiros (os mais simples). Esses primeiros seres vivos criados pela natureza foram produzidos a partir de geração espontânea. Desses primeiros, com o tempo e circunstâncias favoráveis foram surgindo outros que foram aumentando sua complexidade, dando origem a uma escala animal e vegetal com grandes grupos em diferentes graus de perfeição. Essa escala apresenta também algumas ramificações.

A natureza não produziu todos os seres vivos, em diversos graus de perfeição, ao mesmo tempo. Criou inicialmente os vegetais e animais mais simples, com apenas um esboço de organização. Os primeiros animais e vegetais, já surgiram distintos em natureza (ou seja, os vegetais não saíram dos animais, nem o oposto), devido a trabalhar com materiais cuja composição química é diferente. Por essa razão animais e vegetais não fazem parte de uma cadeia única e sim de dois ramos distintos, separados pela origem, cuja única semelhança é a simplicidade inicial (ver Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, vol. 1, pp. 107-8). Como os vegetais não possuem irritabilidade, são inferiores aos animais. Lamarck deixa claro que esse processo é gradativo:

A natureza, em todas as suas operações, procedeu gradualmente; não pôde produzir todos os animais de uma só vez: primeiro formou os mais simples, passando desses aos mais compostos; estabeleceu neles sucessivamente diferentes sistemas de órgãos particulares, multiplicou-os, aumentou sua energia pouco a pouco e, acumulando essa energia nos mais perfeitos, fez existir todos os animais conhecidos, com as faculdades que neles observamos (LAMARCK, Histoire naturelle vol. 1, p. 105).

Causas da progressão

A composição progressiva dos animais teria duas causas.

A primeira seria o próprio poder da vida nos animais. Ele tende a complicar a organização, formar e multiplicar órgãos particulares, aumentando seu número e aperfeiçoando as suas faculdades. A segunda causa seria acidental e modificadora (influência do meio), que leva a interrupções, desvios diversos e irregularidades nos resultados do poder da vida, agindo sobre as partes externas e internas dos animais ou vegetais, modificando-as (conf. Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. vol. 1, pp. 114-5).

A mesma causa que faz um órgão se desenvolver, aumentar, etc. faz surgir um órgão que não existia. Essa causa natural age de modo regular e não ao acaso, por um processo que tem uma direção bem definida.

É-se também levado a acreditar que a natureza produziria ainda os animais da mesma forma e pelas mesmas vias, se eles deixassem de existir (LAMARCK, Histoire naturelle, vol. 1, p. 140).

Parece estar implícita na obra de Lamarck a suposição de que a evolução continua sempre. Assim como os primeiros seres vão sendo sempre produzidos espontaneamente, depois por divisão, etc., o poder que a natureza possui de aumentar a complexidade não é só de um grupo para outro, como de criar novos seres mais perfeitos, além dos que já existem. Sem dúvida isso é um processo lento. Lamarck coloca ainda que, quando as circunstâncias exigem, a natureza passa de um sistema para outro, desde que eles sejam vizinhos e que é através dessa faculdade que ela chegou a formar sucessivamente todos eles, procedendo do mais simples ao mais complexo (conf. Recherches sur l'organisation des corps vivants. p. 40).

A variabilidade das espécies para Lamarck

A suposição de que as produções da natureza constituem espécies constantemente distintas por caracteres invariáveis e cuja existência é tão antiga quanto à da natureza não é fundamentada e foi estabelecida em um tempo em que não se havia ainda observado tudo e onde as ciências naturais eram quase nulas. Essa suposição é sempre desmentida aos olhos daqueles que viram muito, que seguiram a natureza por muito tempo e que consultaram por muito tempo, com proveito, as grandes e ricas coleções de nossos museus (LAMARCK, Discours d'ouverture de 1806, p. 548).

Aqueles que observaram muito e consultaram as grandes coleções, puderam se convencer de que à medida que as circunstâncias de habitação, de exposição, de clima, de alimentação, de hábito de vida, etc. venham a mudar, as características de tamanho, de forma, de proporção entre as partes, de cor, de consistência, de duração, de agilidade e indústria para os animais, mudam proporcionalmente (LAMARCK, Discours d'ouverture de 1806, p. 549).

Essa observação de Lamarck é muito importante e vai ser a base principal da teoria da progressão de Lamarck. Ele constatou que indivíduos da mesma espécie, vivendo e diferentes condições, apresentavam diferenças, constituindo variedades distintas. Baseou-se em populações naturais e em plantas cultivadas em condições particulares pelo homem (conf. BOESIGER, 1974, p. 25). Nesses casos, em geral, Lamarck refere-se às diferenças geográficas da época atual e não às diferenças cronológicas (sequência histórica) de uma mesma região. Lamarck menciona também as diferenças cronológicas em alguns pontos de sua obra. Muitas vezes ele mistura as duas coisas.

Sei muito bem que para nós a aparência deve apresentar a este respeito uma estabilidade que acreditaríamos constante, embora ela não o seja realmente; pois um número muito grande de séculos pode ser uma duração insuficiente para que as mutações de que falo sejam

suficientemente fortes para que possamos percebê-las. Dir-se-á que o flamingo (Phaenicoptera) sempre apresentou pernas e pescoço tão longos quanto os que conhecemos?... (Recherches sur l'organisation des corps vivants, p. 98).

Lamarck considera que são as modificações nas circunstâncias que levam os corpos vivos a adquirirem novos hábitos, as quais por sua vez vão levar à modificação das partes do corpo e órgãos e constituir, com o decorrer do tempo, novas espécies. Escreve a respeito:

A superfície terrestre sofreu várias modificações: elevações, rebaixamentos, deslocamento de leitos de rios, mudanças climáticas, etc. As variações nas circunstâncias vão levar a hábitos diferentes que vão modificar os órgãos e formas da parte do corpo do ser vivo. Essas modificações vão ser transmitidas aos descendentes e, enquanto isso, novas modificações irão ocorrendo, formando novas espécies, gêneros e ordens (LAMARCK, Recherches sur l'organisation des corps vivants, pp. 97-8).

A migração parcial de animais para lugares diferentes na superfície da terra os expôs a novas situações e perigos que exigiram novas ações para escapar, pois a maior parte deles devora uns aos outros (Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, vol. 1, p. 162).

As Leis que regem a teoria de Lamarck

Na Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, onde a teoria está mais sistematizada, Lamarck enuncia quatro leis. A primeira trata da tendência para o aumento de complexidade orgânica e o crescimento até certo ponto; a segunda relaciona o aparecimento de órgãos às necessidades que surgem e são mantidas; a terceira seria a lei do "uso e desuso"; e a quarta refere-se à herança de caracteres adquiridos.

1ª Lei

A vida, pelas suas próprias forças, tende continuamente a aumentar o volume de todo o corpo que a possui, e a estender as dimensões de suas partes, até um limite que lhe é próprio (LAMARCK, Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, vol. 1, p. 151).

A respeito da tendência para o aumento da complexidade orgânica, nas Recherches Lamarck coloca dois fatos: um observável e outro não, embora isso não seja feito de maneira explícita.

O primeiro é a comparação feita entre o estado de um animal que acaba de nascer com o estado em que ele se encontra no fim de sua vida quando seus órgãos começam a se deteriorar (Recherches, p. 52). Isso é observável em poucos anos em um

indivíduo. O outro é a relação que existe entre o aumento de complexidade na escala animal e o aumento das faculdades dos corpos vivos (Recherches, p. 64).

É um fato incontestável, como o fiz ver, que existe na escala animal uma gradação que é sustentada pelo aperfeiçoamento de organização e pela multiplicação crescente de órgãos e faculdades dos animais; de modo que se a extremidade inferior dessa escala oferece o mínimo de animalidade, a outra extremidade oferece o máximo.

2ª Lei

A produção de um novo órgão em um corpo animal resulta de uma nova necessidade que surgiu e que continua a se fazer sentir e de um novo movimento que essa necessidade faz nascer e mantém (LAMARCK, Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, vol. 1, p. 155).

Lamarck dá como exemplo de ação da segunda lei a formação de partes que existem na cabeça do molusco gastrópode:

Concebo, por exemplo, que um molusco gastrópode, arrastando-se, experimenta a necessidade de apalpar os corpos que estão diante dele, faz esforços para tocar esses corpos com alguns pontos anteriores de sua cabeça, e envia para lá, a todo o momento, massas de fluidos nervosos, assim como outros líquidos; eu concebo, digo, que deve resultar dessas afluições repetidas para o ponto em questão, a extensão gradual dos nervos que terminam nesses pontos. Ora, como nas mesmas circunstâncias, outros fluidos do animal afluem também para os mesmos lugares e, sobretudo dentre eles os fluidos nutritivos, deve-se seguir que dois ou quatro tentáculos nascerão e formar-se-ão nas mesmas circunstâncias, sobre os pontos de que se trata. É sem dúvida isso que acontece a todas as raças de gastrópodes, às quais as necessidades fizeram adquirir o hábito de apalpar os corpos com a cabeça.

Mas, se forem encontradas, entre os gastrópodes, raças que, pelas circunstâncias que concernem à sua maneira de viver, não experimentarem semelhantes necessidades, então sua cabeça fica privada de tentáculos; ela é mesmo pouco saliente, tem pouca projeção; e é isso efetivamente que ocorre em relação aos “bullées”, “bules”, “oscabrions”, etc. (Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, vol. 1, p. 157).

3ª Lei

O desenvolvimento dos órgãos e sua força de ação estão em relação direta com o emprego desses órgãos (Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, vol. 1, p. 158).

Essa lei seria a "lei do uso e desuso", que é também colocada como a primeira lei na Philosophie zoologique (p. 199):

Em todo animal que não ultrapassou o limite de seus desenvolvimentos, o emprego mais frequente de um órgão qualquer, se mantido, fortifica pouco a pouco esse órgão, desenvolve-o, aumenta-o e lhe dá um poder proporcional a duração desse emprego, enquanto que a falta constante de uso de tal órgão o enfraquece sensivelmente, deteriora-o e diminui progressivamente suas faculdades, acabando por fazê-lo desaparecer (Philosophie zoologique, vol. 1, p. 199).

Lamarck vai se servir de numerosos exemplos que relacionam a forma ou estado da parte do corpo ou órgão à falta de uso. Dentre eles:

- a) Dentes não utilizados, no decorrer do tempo, tendem a se atrofiar ou mesmo desaparecer, como os dentes do tamanduá e vestígios de dentes encontrados por Geoffroy no feto de baleia.*
- b) Olhos vestigiais em animais que não os usam, como na toupeira, no Aspalax d'Olivier e no Proteu.*
- c) As patas das serpentes, que desapareceram pelo hábito de se arrastarem e se esconderem sob ervas.*
- d) A atrofia do estômago e intestinos em pessoas que tem o hábito de ingerir bebidas alcoólicas por tempo prolongado e que quase não se alimentam de sólidos.*

Apenas o item d se refere ao que ocorre durante a vida de um indivíduo.

*Seguem-se os exemplos do "uso" *:*

- a) Membranas entre os dedos de pássaros aquáticos, formadas pelo exercício de esticar esses dedos, na água, para nadar;*
- b) Os dedos recurvados de pássaros que pousam sobre as árvores, desenvolvidos pelo hábito de segurar-se nos galhos com eles;*
- c) Pescoço longo no animal que pesca na beira da água;*
- d) Os pássaros e répteis que caçam utilizando a língua alongando-a;*
- e) Peixes que nadam em grandes profundidades apresentam o corpo achatado e os olhos laterais;*
- f) Os quadrúpedes que pastam por longos períodos de tempo adquirem cascos para sustentar um corpo muito pesado.*
- g) Os ruminantes que necessitam de fugas rápidas para escapar de predadores apresentam corpo esbelto e pernas delgadas (antílope, gazela, etc.) enquanto os que não estão sujeitos a essas condições apresentam-no pesado (elefante, rinoceronte, boi, etc.).*
- h) O tamanho e a forma peculiar do pescoço e das patas da girafa **.*

** Os exemplos a e b estão no Discours d'ouverture de l'An VIII, pp. 455-6 e também às páginas 512-3 do Discours d'ouverture de l'An X. Além desses, estão também o do pássaro de margem dos rios que não gosta de nadar, mas que, entretanto, precisa se aproximar da água para capturar sua presa, expondo-se frequentemente a afundar no lodo. Para fazer isso sem que seu corpo mergulhe no líquido, ele fará com que seus pés adquiram o hábito de se estender e alongar. Daí resultará que os pássaros, vivendo desse modo por gerações ficarão elevados sobre longas pernas nuas; quer dizer*

desprovidos de plumas até as coxas e além.

Esse foi um dos exemplos de que se serviu Cuvier para ridicularizar Lamarck. Faz parte dos exemplos mal escolhidos que utilizam uma linguagem descuidada e dúbia. Ele se encontra também no Discours d'ouverture de l'An X, p. 513.

Os exemplos a, b, g, f no Discours d'ouverture de l'An X, pp. 513-14. Nessas páginas encontram-se também outros exemplos tais como aquele dos animais que as circunstâncias forçaram a subir em árvores, alimentar-se de carne, matar sua presa enterrando as garras nela o que favoreceu a separação dos dedos, etc.

***Entre os indivíduos acusados de descrever erradamente as ideias de Lamarck está Wallace. Interpretando erroneamente a linguagem de Lamarck, afirma que a girafa adquiriu seu pescoço comprido "querendo (desiring) atingir as folhas das árvores mais altas, estendendo constantemente seu pescoço com essa finalidade". Isso é absurdo, porque Lamarck não faz interferir o desejo da girafa em questão, mas apenas uma necessidade fisiológica, ou seja, alimentar-se. O que Lamarck diz é o seguinte: "A girafa vive em lugares quase sempre áridos e sem ervas. Isso a obriga a pastar as folhas das árvores, e a se esforçar continuamente para atingi-las; resultou desse hábito, se sustentado por muito tempo em todos os indivíduos de sua raça, que suas pernas dianteiras tornaram-se mais longas do que as traseiras e que seu pescoço se alongou tanto que a girafa, sem se colocar sobre suas patas traseiras, eleva sua cabeça e atinge seis metros de altura" (Philosophie zoologique, vol. 1, p. 255).*

4ª Lei

Lamarck apresenta a quarta lei, na Histoire naturelle des animaux sans vertèbres (vol. 1, p. 152), da seguinte maneira:

Tudo o que foi adquirido, traçado ou mudado na organização dos indivíduos, no decorrer de sua vida, é conservado pela geração e transmitido aos novos indivíduos que provêm daqueles que experimentam essas mudanças.

Na Philosophie zoologique:

Tudo aquilo que a natureza fez os indivíduos adquirirem ou perderem através das circunstâncias a que sua raça se encontra exposta há muito tempo, e conseqüentemente pelo emprego predominante de tal órgão ou pela constante falta de uso de tal parte, ela o conserva pela geração de novos indivíduos que dela provêm, desde que essas mudanças adquiridas sejam comuns aos dois sexos ou àqueles que produziram esses novos indivíduos (LAMARCK, Philosophie zoologique, vol. 1 p. 200).

No Discours d'ouverture de 1806, Lamarck conclui:

Enfim, pôde-se notar que tudo o que a natureza fez os indivíduos adquirirem ou perderem através da influência mantida das circunstâncias a que sua raça se encontra há muito tempo exposta, ela conserva pela geração nos novos indivíduos deles provenientes.

Essas verdades são constantes e só não são conhecidas apenas por aqueles que jamais observaram ou acompanharam as operações da natureza (LAMARCK, Discours d'ouverture de 1806, pp. 549-50).

Lamarck considera essa lei como um fato.

Para o que foi adquirido ser transmitido aos descendentes é preciso que seja comum aos dois sexos. Nas misturas sexuais nem sempre as mudanças adquiridas são transmitidas (Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, vol. 1, pp. 167-8).

Abordemos agora a maior dificuldade do lamarckismo: a herança do que foi adquirido.

Imaginemos que, sob a influência do meio, seja ela direta ou indireta, se produzam no decorrer do tempo em um organismo esboços de novos órgãos, de novas estruturas; é bem certo que esses esboços não progredirão, nem se tornarão verdadeiros órgãos, senão na condição pela qual os efeitos das circunstâncias se acumulem de geração em geração e que, para tanto, haja transmissão de ganhos individuais à descendência. Toda a explicação lamarckista postula indispensavelmente a herança do adquirido, dito de outro modo, a inscrição, nas células sexuais, das aquisições parentais (ROSTAND, L'état present du transformisme, pp. 85-6).

Se a herança do adquirido é um problema ele não se restringe apenas ao lamarckismo. O problema do lamarckismo talvez tenha sido o fato de Lamarck não explicar qual era o mecanismo dessa transmissão ou fundamentá-la com exemplos bem escolhidos. Quanto às últimas interpretações, elas são de Rostand e não de Lamarck, que em parte nenhuma tentou explicar como essa transmissão ocorria, nunca se referindo ao efeito das alterações nas células sexuais. Quem tentou fazer isso, na verdade foi Darwin (DARWIN, The variation of animals and plants under domestication, vol. 2, capítulo 27).

Fonte:

MARTINS, L. A. P. **A teoria da progressão dos animais de Lamarck.** 403f. Dissertação (Mestrado em Genética). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

As ideias de Darwin

Sobre a Origem das Espécies através da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida.

Seleção Inconsciente

Os bons criadores modernos, que prosseguem num fim determinado, procuram, por uma seleção metódica, criar novas castas ou sub-raças superiores a todas aquelas que existem no país. Mas há uma outra maneira de seleção muito mais importante do ponto de vista que nos ocupa, seleção que poderia chamar-se inconsciente; tem por móbil o desejo que cada um experimenta em possuir e fazer produzir os melhores indivíduos de cada espécie. Assim, quem quer possuir cães de caça procura naturalmente obter os melhores cães que pode; em seguida, faz reproduzir os mesmos unicamente, sem ter o desejo de modificar a raça de uma maneira permanente e sem mesmo nisso pensar. Todavia, este hábito, continuado durante séculos, acaba por modificar e por melhorar uma raça qualquer que seja; é, além disso, seguindo este processo, mas de uma maneira mais metódica, que Bakewell, Collins, etc., chegaram a modificar consideravelmente, durante o decurso da sua vida, as formas e as qualidades dos seus gados. Alterações desta natureza, isto é, lentas e insensíveis, somente podem ser apreciadas tanto como as antigas medidas exatas ou desenhos feitos com cuidado podem servir de ponto de comparação. Em alguns casos, contudo, encontram-se nas regiões menos civilizadas, onde a raça é menos melhorada, indivíduos da mesma raça pouco modificados, outros mesmo que não sofreram modificação alguma. Há lugar para acreditar que o podengo King Charles foi bastante modificado de maneira inconsciente, desde a época em que reinava o rei de que ele tira o nome. Algumas autoridades muito competentes estão convencidas que o cão perdigueiro descende diretamente do podengo, e que as modificações se produziram muito devagar. Sabe-se que o cão de caça inglês foi consideravelmente modificado durante o último século; atribui-se, como causa principal a estas mudanças, o cruzamento com o galgo.

Mas o que nos importa, é que a alteração foi efetuada inconscientemente, gradualmente, e, contudo, com tanta eficácia que, posto que o nosso velho cão de caça espanhol venha com certeza de Espanha, M. Borrow disse-me não ter visto neste último país um único cão indígena semelhante ao nosso cão de caça atual...

...Se existem povos bastante selvagens para jamais pensarem em ocupar-se da hereditariedade dos caracteres entre os descendentes dos seus animais domésticos, pode suceder, todavia que um animal, que lhes é particularmente útil, seja mais preciosamente conservado durante uma fome, ou durante outros acidentes a que estão sujeitos os selvagens, e que, por isso, este animal de escolha deixe mais descendentes que os seus congêneres inferiores. Neste caso, resulta uma seleção inconsciente. Os selvagens da Terra do Fogo ligam tão grande valor aos seus animais domésticos, que preferem, em tempo de fome, matar e devorar as velhas mulheres da tribo, pois as consideram muito menos úteis que os cães.

A expressão: luta pela vida, empregada em sentido figurado

Devo fazer notar que emprego o termo luta pela existência no sentido geral e metafórico, o que implica as relações mútuas de dependência dos seres organizados, e, o que é mais importante, não somente a vida do indivíduo, mas a sua aptidão e bom êxito em deixar descendentes. Pode certamente afirmar-se que dois animais carnívoros

em tempo de fome, lutam um com o outro em busca de alimentos necessários à sua existência. Mas chegar-se-á a dizer que uma planta, à beira de um deserto, luta pela existência contra a falta de água, posto que fosse mais exato dizer que a sua existência depende da umidade. Poder-se-ia dizer com mais exatidão que uma planta, que produz anualmente um milhão de sementes, das quais uma, em média, chega a desenvolver-se e a amadurecer por seu turno, luta com as plantas da mesma espécie, ou espécies diferentes, que cobrem já o solo.

Seleção Natural

Há razão para admirações, quando vemos que variações úteis ao homem são certamente produzidas, que outras variações, úteis ao animal na grande e terrível batalha da vida, se produziram no decorrer de numerosas gerações? Se se admite este fato, poderemos duvidar (é preciso lembrar que nascem mais indivíduos do que aqueles que podem viver) que os indivíduos possuindo uma vantagem qualquer, por mais ligeira que seja, tenham probabilidade de viver e de reproduzir-se? Podemos estar certos, por outro lado, que toda a variação, por menos nociva que seja ao indivíduo, traz forçosamente o desaparecimento deste. Dei o nome de seleção natural. As variações insignificantes, isto é, que não são nem úteis nem nocivas ao indivíduo, não são certamente afetadas pela seleção natural e permanecem no estado de elementos variáveis, como as que podemos observar em certas espécies polimorfas.

A seleção natural procura, a cada instante e em todo o mundo, as variações mais ligeiras; repele as que são nocivas, conserva e acumula as que são úteis; trabalha em silêncio, insensivelmente, por toda a parte e sempre, desde que a ocasião se apresente para melhorar todos os seres organizados relativamente às suas condições de existência orgânicas e inorgânicas. Estas transformações lentas e progressivas escapam-nos até que, no decorrer das idades, a mão do tempo as tenha marcado com o seu sinete e então damos tão pouca conta dos longos períodos geológicos decorridos, que nos contentamos em dizer que as formas viventes são hoje diferentes do que foram outrora.

Quando estudamos os numerosos pequenos pontos de diferença que existem entre as espécies e que, na nossa ignorância, nos parecem insignificantes, não devemos esquecer que o clima, a alimentação, etc., têm, sem dúvida, produzido alguns efeitos diretos. É necessário não esquecer tampouco que, em virtude das leis da correlação, quando uma parte varia e a seleção natural acumula as variações, se originam, por vezes, outras modificações de natureza mais inesperada.

Seleção Sexual

É possível que a seleção natural modifique os dois sexos relativamente aos hábitos diferentes da existência, como algumas vezes sucede, ou que um sexo se modifique relativamente ao outro sexo, o que acontece frequentemente. Isto me leva a dizer algumas palavras a respeito do que denominei seleção sexual. Esta forma de seleção não depende da luta pela existência com outros seres organizados, ou com as condições ambientes, mas da luta entre os indivíduos de um sexo, ordinariamente os machos, para assegurar a posse do outro sexo. Esta luta não termina pela morte do vencido, mas pela falta ou pela pequena quantidade de descendentes. A seleção sexual é, pois, menos rigorosa que a seleção natural. Geralmente, os machos mais vigorosos, isto é, os que são mais aptos a ocupar o seu lugar na natureza, deixam um maior número de descendentes. Mas, em muitos casos, a vitória não depende tanto do vigor

geral do indivíduo como da posse de armas especiais que se encontram apenas no macho. Um veado desprovido de pontas, ou um galo desprovido de esporões, teriam poucas probabilidades de deixar numerosos descendentes. A seleção sexual, permitindo sempre aos vencedores reproduzir-se, pode dar sem dúvida a estes uma coragem indomável, esporões mais longos, uma asa mais forte para quebrar a pata do concorrente, quase da mesma maneira que o brutal criador de galos de combate pode melhorar a raça pela escolha rigorosa dos seus mais belos adultos.

Circunstâncias favoráveis à seleção natural

O cruzamento representa um papel importante na natureza; graças a ele os tipos ficam puros e uniformes na mesma espécie ou na mesma variedade. A sua ação é mais eficaz nos animais que se copulam para cada fecundação; mas, acabamos de ver que todos os animais e todas as plantas se cruzam de tempos a tempos. Logo que os cruzamentos não tenham lugar senão com longos intervalos, os indivíduos que daí provêm, comparados aos que resultam da fecundação da planta ou do animal por si mesmo, são muito mais vigorosos e muito mais fecundos; e têm, por conseguinte, mais probabilidades de sobreviver e propagar a sua espécie. Por muito raros que sejam certos cruzamentos, a sua influência deve, depois de um longo período, exercer um poderoso efeito sobre os progressos da espécie.

Se existem seres orgânicos que nunca se cruzam, a uniformidade de caracteres pode ser guardada entre eles, enquanto que suas condições de vida mantêm-se as mesmas, apenas através do princípio da herança, e através da seleção natural há destruição dos tipos que se diferem do apropriado, mas se as condições de vida mudam e se submetem à modificação, a uniformidade de caracteres pode ser dada aos seus descendentes modificados, somente pela seleção natural que preserva as mesmas variações favoráveis.

O isolamento goza também de um papel importante na modificação das espécies pela seleção natural. Numa região fechada, isolada e pouco extensa, as condições orgânicas e inorgânicas da existência são quase sempre uniformes, de tal modo que a seleção natural tende a modificar da mesma maneira todos os indivíduos variáveis da mesma espécie. Demais, o cruzamento com os habitantes dos distritos vizinhos acha-se impedido. Mas o isolamento atua provavelmente mais eficientemente verificando a imigração dos organismos melhores adaptados, depois de uma alteração física das condições de existência, tal, por exemplo, como modificações de clima, agitação do solo, etc., porque impede a emigração de organismos melhor adaptados a estas novas condições de existência; encontram-se assim, na economia natural da região, novos lugares vagos, que serão preenchidos, em virtude disso, por modificações dos antigos habitantes. Por último, o isolamento, pela verificação da imigração e consequentemente da competição, dará o tempo para que toda nova variedade seja melhorada lentamente; e isso pode ser muitas vezes importante na produção de novas espécies. Contudo, se a região isolada é muito pequena, ou porque seja cercada de barreiras, ou porque as condições físicas sejam todas particulares, o número total dos seus habitantes será também muito pouco considerável, o que retarda a produção de novas espécies através da seleção natural, pela diminuição das chances de aparecer variações favoráveis.

O isolamento contribui poderosamente, sem dúvida, para a produção de novas espécies; contudo, estou disposto a acreditar que uma vasta região aberta é mais favorável ainda, quando se trata da produção de espécies capazes de se perpetuar durante longos períodos e adquirir uma grande extensão. Uma vasta região aberta

oferece não somente mais probabilidades para que variações vantajosas façam a sua aparição em razão do grande número de indivíduos da mesma espécie que a habitam, mas também em razão de que as condições de vida são muito mais complexas por causa da multiplicidade das espécies já existentes.

Por mais lenta que seja a marcha da seleção natural, se o homem, com os seus limitados meios, consegue realizar tantos progressos aplicando a seleção artificial, não posso perceber limite algum na soma de alterações, assim como na beleza e complexidade das adaptações de todos os seres organizados nas suas relações mútuas e com as condições físicas de existência que pode, no decurso das idades, realizar a força seletiva da natureza.

Uso e desuso?

A mudança dos hábitos produz efeitos hereditários; poderia citar-se, por exemplo, a época da floração das plantas transportadas de um clima para outro. Nos animais os efeitos são mais consideráveis ainda. Assim, proporcionalmente ao resto do esqueleto, os ossos da asa pesam menos e os ossos da coxa pesam mais no pato doméstico que no pato selvagem. Ora, pode incontestavelmente atribuir-se esta alteração a que o pato doméstico voa menos e marcha mais que o pato selvagem. Podemos ainda citar, como um dos efeitos do uso das partes, o desenvolvimento considerável, transmissível por hereditariedade, das mamas das vacas e das cabras nos países em que há o hábito de ordenhar estes animais, comparativamente ao estado desses órgãos nos outros países. Todos os animais domésticos têm, em alguns países, as orelhas pendentes; atribui-se esta particularidade ao fato de estes animais, tendo menos causas de alarme, acabarem por se não servir dos músculos da orelha, e esta opinião parece bem fundada.

Cont. Capítulo 5 – Uso e desuso

Os fatos citados no primeiro capítulo não permitem, creio eu, dúvida alguma sobre este ponto: que o uso, nos animais domésticos, reforça e desenvolve certas partes, enquanto que o não uso as diminui; e, além disso, que estas modificações são hereditárias. No estado de natureza, não temos termo algum de comparação que nos permita julgar os efeitos de um uso ou de um não uso constante, porque não conhecemos as formas-tipo; mas, muitos animais possuem órgãos de que somente se pode explicar a presença pelos efeitos do não uso.

Origem comum das espécies

Ensaiei demonstrar que os descendentes variáveis de cada espécie procurando sempre ocupar o maior número de espaços diferentes que lhes é possível na economia da natureza, esta concorrência incessante determina uma tendência constante à divergência de caracteres. A grande diversidade das formas que entram em tão viva concorrência, numa região muito restrita, e certos atos de aclimação, vem em apoio desta asserção.

Procurei também demonstrar que existe, nas formas que estão em via de aumentar em número e de divergir em caracteres, uma tendência constante em substituir e em exterminar as formas mais antigas, menos divergentes e menos perfeitas. Peço ao leitor para de novo lançar um olhar sobre o quadro representando a ação combinada destes diversos princípios; verá que têm uma consequência inevitável,

e que os descendentes modificados de um antepassado único terminaram por se separar em grupos subordinados a outros grupos.

Analogia

Permitem-nos as notas precedentes compreender a distinção muito essencial que importa estabelecer entre as afinidades reais e as semelhanças de adaptação ou semelhanças análogas. Foi Lamarck o primeiro que prestou atenção a esta diferença, admitida a seguir por Macleay e outros. A semelhança geral do corpo e a dos membros anteriores em forma de barbatanas que se nota no dugongo, animal paquiderme, e a baleia, assim como a semelhança entre estes dois mamíferos e os peixes, são semelhanças análogas. Da mesma forma a semelhança entre o rato e o musaranho (Sorex), pertencendo a ordens diferentes, e a semelhança ainda bem maior, segundo as observações de M. Mivart, que existe entre o rato e o pequeno marsupial (Antechinus) da Austrália. Podem, pelo que me parece, explicar-se estas últimas semelhanças por uma adaptação a movimentos igualmente ativos no meio de sarças e ervas permitindo ao animal escapar aos inimigos mais facilmente.

Em resumo, temos visto que a seleção natural, que resulta da luta pela existência e que implica quase inevitavelmente a extinção das espécies e a divergência dos caracteres entre os descendentes de uma mesma espécie-mãe, explica os grandes traços gerais das afinidades de todos os seres organizados, isto é, a sua distribuição em grupos subordinados a outros grupos. É, em razão das relações genealógicas, que classificamos os indivíduos dos dois sexos e de todas as idades numa mesma espécie, posto que possam ter somente poucos dos caracteres comuns; a classificação das variedades reconhecidas, por diferentes que sejam de seus pais, repousa sobre o mesmo princípio, e eu creio que este elemento genealógico é o laço oculto que os naturalistas procuraram com o nome de sistema natural. Na hipótese que o sistema natural, no ponto a que se está chegando, é genealógico no seu arranjo, os termos gêneros, famílias, ordens, etc., exprimem apenas graus de diferença e podemos compreender as regras às quais somos forçados a conformarmo-nos nas nossas classificações. Podemos compreender porque damos mais valor a certas semelhanças do que a outras; porque utilizamos órgãos rudimentares e inúteis, ou tendo muito pouca importância fisiológica; porque, comparando um grupo com outro grupo distinto, pomos de lado sumariamente os caracteres análogos ou de adaptação, empregando-os, porém, nos limites do mesmo grupo. Vemos claramente como se faz que todas as formas vivas e extintas possam ser agrupadas em algumas grandes classes, e como sucedem que os diversos membros de cada uma delas estejam reunidos entre si pelas mais complexas e mais divergentes linhas de afinidade. Jamais chegaríamos provavelmente a destrinçar a inextricável rede de afinidades que ligam uns aos outros os membros de cada classe; mas, se nos propomos um fim distinto, sem procurar qualquer plano de criação desconhecido, podemos esperar progredir a passos lentos, mas seguros.

Fixismo x Evolucionismo por Darwin

Pode-se perguntar a razão pela qual, até muito recentemente, os naturalistas e os geólogos mais eminentes têm sempre repellido a ideia da mutabilidade das espécies. Não se pode afirmar que os seres organizados no estado de natureza não estão sujeitos a qualquer variação; não se pode provar que a soma das variações realizadas no decorrer do tempo seja uma quantidade limitada; não se tem podido e não se pode estabelecer distinção bem nítida entre as espécies e as variedades bem isoladas. Não se

pode afirmar que as espécies entrecruzadas sejam invariavelmente estéreis, e as variedades invariavelmente fecundas; nem que a esterilidade seja uma qualidade especial e um sinal da criação. A crença na imutabilidade das espécies era quase inevitável, tanto que se não atribuía à história do Globo senão uma duração muito curta, e agora, que temos adquirido algumas noções do lapso de tempo decorrido, admitimos prontamente, e sem provas, que os documentos geológicos são bastante completos para nos fornecer a demonstração evidente da mutação das espécies, se essa mutação se realizou realmente.

Mas a causa principal da nossa repugnância natural em admitir que uma espécie deu origem à outra espécie distinta é o estarmos sempre pouco dispostos a admitir uma grande alteração sem vermos os graus intermediários. A dificuldade é a mesma que a que tantos geólogos experimentaram quando Lyell demonstrou que as longas linhas de declive interiores, assim como a escavação dos grandes vales, são o resultado de influências que vemos ainda agir em torno de nós. O espírito não pode conceber toda a significação deste termo: um milhão de anos, nem saberia, demais, adicionar nem perceber os efeitos completos de muitas variações ligeiras, acumuladas durante um número quase infinito de gerações.

Fonte:

DARWIN, C. R. **On the origin of species**. 1ª ed. Kent: Virtualbooks online, 1859. 337p.

Alfred Russel Wallace

Sobre a lei que regula a introdução de novas espécies

Estes são resumidamente os fatos provados pela geologia:

- *durante um período imenso e desconhecido, a superfície da Terra sofreu mudanças sucessivas: territórios afundaram oceano adentro, enquanto terra nova dele se elevou; cadeias de montanhas soergueram-se; ilhas transformaram-se em continentes e continentes submergiram até tornarem-se ilhas – essas mudanças tiveram lugar não meramente uma vez, mas talvez centenas, talvez milhares de vezes;*
- *embora desiguais em seu progresso, todos esses eventos foram mais ou menos contínuos e, durante a série toda, a vida orgânica da Terra sofreu uma alteração correspondente: esta também foi gradual, mas completa; após um certo intervalo, nem uma única espécie que tenha vivido no começo do período remanesce. Essa completa renovação das formas vivas também parece ter ocorrido várias vezes;*
- *da primeira das eras geológicas até o presente ou época histórica, a mudança na vida orgânica tem sido gradual: em muitos casos, a primeira aparição dos animais agora existentes pode ser traçada; suas populações aumentam gradualmente nas formações mais recentes, enquanto outras espécies continuamente morrem e desaparecem, de modo que a presente condição do mundo orgânico é claramente derivada de um processo natural de gradual extinção e criação de espécies a partir dos últimos períodos geológicos; portanto, de uma época geológica a outra, podemos seguramente inferir uma gradação e uma sequência natural semelhantes.*

Ora, tomando essa como uma justa exposição dos resultados da investigação geológica, vemos que a presente distribuição geográfica da vida sobre a Terra deve ser o resultado de todas as mudanças prévias da própria superfície da Terra e de seus habitantes.

As seguintes proposições da geografia orgânica e da geologia fornecem os principais fatos sobre os quais a hipótese está fundamentada.

Geografia

1. Os grandes grupos, tais como classes e ordens, estão geralmente espalhados por toda a Terra, enquanto os menores, tais como famílias e gêneros, estão frequentemente confinados a uma porção, amiúde a uma região muito limitada.

2. Nas famílias amplamente distribuídas, os gêneros possuem frequentemente alcance limitado; nos gêneros amplamente distribuídos, os grupos de espécies bem distintos são peculiares a cada região geográfica.

3. Quando um grupo está confinado a uma região e é rico em espécies, o caso quase invariável é que as espécies mais proximamente aparentadas sejam encontradas na mesma localidade ou em localidades nas imediatas adjacências; portanto, a sequência natural das espécies por afinidade é também geográfica.

4. Em regiões de clima similar, mas separadas por um amplo mar ou montanhas altas, as famílias, gêneros e espécies de uma região estão frequentemente representadas por famílias, gêneros e espécies proximamente aparentadas e peculiares da outra.

Geologia

5. A distribuição do mundo orgânico no tempo é muito similar à sua presente distribuição no espaço.

6. A maioria dos grupos grandes e alguns dos pequenos estendem-se através de vários períodos geológicos.

7. No entanto, em cada período, há grupos peculiares, não encontráveis em nenhum outro lugar, estendendo-se através de uma ou várias formações.

8. Espécies de um gênero ou gêneros de uma família que ocorrem num mesmo tempo geológico possuem um parentesco mais próximo do que aqueles afastados no tempo.

9. Como geralmente na geografia nenhuma espécie ou gênero ocorre em duas localidades muito distantes sem ser também encontrada em lugares intermediários, então na geologia a vida de uma espécie ou gênero não se interrompe. Em outras palavras, nenhum grupo ou espécie surge duas vezes.

10. A seguinte lei pode ser deduzida desses fatos: cada espécie surgiu coincidindo no espaço e no tempo com uma espécie preexistente e proximamente aparentada.

Os fenômenos da distribuição geológica são exatamente análogos aos da geografia. Espécies proximamente aparentadas são encontradas associadas nos mesmos leitos e a mudança de espécie para espécie parece ter sido tão gradual no tempo quanto no espaço. No entanto, a geologia nos fornece prova positiva da extinção e produção de espécies, embora não nos informe como ambas ocorreram. Contudo, a extinção das espécies oferece pouca dificuldade – seu modus operandi foi bem ilustrado por Sir C. Lyell em seus admiráveis Princípios. Embora graduais, as mudanças

geológicas devem ocasionalmente ter modificado as condições externas numa tal amplitude que tornou a existência de certas espécies impossível. Na maioria dos casos, a extinção deve ter se efetivado por uma mortalidade gradual; porém, em alguns casos, pode ter havido uma destruição repentina de uma espécie de extensão limitada. O problema mais difícil e, ao mesmo tempo, o mais interessante da história natural da Terra é descobrir como, desde o mais tardio período geológico, as espécies extintas foram periodicamente substituídas por outras novas. A presente investigação, que busca extrair dos fatos conhecidos uma lei que, até certo grau, determinou quais espécies poderiam aparecer, e de fato apareceram, numa dada época, pode, espero, ser considerada como um passo na direção certa para sua completa solução.

Outra importante série de fatos, completamente de acordo com a lei agora desenvolvida e, mesmo, sua dedução necessária, é a dos órgãos rudimentares. Que eles realmente existem e que na maioria dos casos não têm função especial na economia animal é admitido pelas principais autoridades em anatomia comparada. A questão deve surgir para qualquer naturalista reflexivo: para que servem? O que eles têm a ver com as grandes leis da criação? Não nos ensinam algo do sistema da natureza? Se cada espécie foi criada independentemente e sem quaisquer relações necessárias com as espécies preexistentes, o que significam esses rudimentos, essas aparentes imperfeições? Deve haver uma causa para eles, devem ser o resultado necessário de alguma grande lei natural.

Até agora se mostrou, embora muito breve e imperfeitamente, como a lei de que “cada espécie surgiu coincidindo no espaço e no tempo com uma espécie preexistente e proximamente aparentada” liga, reúne e torna inteligível um vasto número de fatos independentes e, até o momento, inexplicados. O sistema natural de arranjo dos seres orgânicos, sua distribuição geográfica, sua sequência geológica, os fenômenos dos grupos representativos e substituídos em todas as suas modificações, e as mais singulares peculiaridades da estrutura anatômica são todos explicados e ilustrados por ela, em perfeito acordo com a vasta massa de fatos que as pesquisas dos naturalistas modernos têm reunido e que se acredita não se opor materialmente a nenhum deles. Ela também reclama uma superioridade sobre as hipóteses anteriores, no sentido de que ela não meramente explica, mas torna necessário o que existe. Admitida a lei, muitos dos fatos mais importantes da natureza não poderiam ter ocorrido de outro modo, mas são quase como suas deduções necessárias, assim como as órbitas elípticas dos planetas com relação à lei da gravitação.

Fonte:

WALLACE, A. R. Sobre a lei que regula a introdução de novas espécies. **Scientia e Studia**. Vol. 1. No. 4, 2003. p. 531 – 543.

Sobre a tendência das variedades a afastarem-se indefinidamente do tipo original

Um dos mais fortes argumentos para provar a distinção original e permanente das espécies, repetidamente aduzido, é que as variedades produzidas em estado doméstico são mais ou menos instáveis e, frequentemente, se deixadas a si mesmas, têm uma tendência a retornar à forma normal da espécie parental; esta instabilidade é considerada uma peculiaridade característica de todas as variedades (mesmo das que ocorrem entre animais selvagens, em estado natural) e constitui uma provisão para conservar imutáveis as espécies (originalmente criadas distintas).

A vida dos animais selvagens é uma luta pela existência. O empenho completo de todas as suas faculdades e energias é exigido para preservar sua própria existência

e sustentar sua prole infantil. A possibilidade de conseguir alimento durante as estações menos favoráveis e escapar aos ataques de seus inimigos mais perigosos são as condições primárias que determinam a existência tanto dos indivíduos quanto da espécie inteira. Estas condições também determinarão a população de uma espécie e, por uma consideração cuidadosa de todas as circunstâncias, podemos ser capazes de compreender (e, em algum grau, de explicar) o que à primeira vista parece tão inexplicável: a excessiva abundância de algumas espécies, enquanto outras, proximamente aparentadas, são muito raras.

O que ocorre entre as várias espécies aparentadas de um grupo: as melhores adaptadas para obter um suprimento regular de alimento, para defender-se do ataque de seus inimigos e das vicissitudes das estações devem necessariamente obter e preservar uma superioridade populacional; enquanto as que, por algum defeito de poder ou organização, são menos capazes de neutralizar as vicissitudes de alimento, suprimento etc., devem diminuir de número e, em casos extremos, tornar-se totalmente extintas. Entre esses extremos elas apresentarão vários graus de capacidade para assegurar os meios de preservar a vida; e é assim que explicamos a abundância ou raridade das espécies.

A variedade agora teria substituído a espécie, da qual seria uma forma mais perfeitamente desenvolvida e mais altamente organizada; ela seria, em todos os aspectos, melhor adaptada para garantir sua segurança, para prolongar sua existência individual e a da raça. Tal variedade não poderia retornar à forma original, pois esta é uma forma inferior e nunca poderia competir com aquela pela existência; portanto, admitindo-se uma “tendência” para reproduzir o tipo original da espécie, ainda assim a variedade deve sempre permanecer numericamente preponderante e, sob condições físicas adversas, novamente apenas ela sobreviveria.

A hipótese de Lamarck, que as mudanças progressivas nas espécies são produzidas pelas tentativas dos animais de aumentar o desenvolvimento de seus próprios órgãos (e, assim, modificar sua estrutura e hábitos), tem sido refutada repetida e facilmente por todos os escritores do tema ‘variedades e espécies’; em face disso, parece que a questão inteira tem sido considerada como já resolvida. Todavia, a visão aqui desenvolvida torna a hipótese lamarckista completamente desnecessária, ao mostrar que resultados similares devem ser produzidos pela ação de princípios constantemente atuantes na natureza: as poderosas garras retráteis dos falcões e dos felinos não foram produzidas ou aumentadas pela vontade desses animais; mas entre as diferentes variedades que ocorreram em suas primeiras (e menos altamente organizadas) formas sempre sobreviveram mais longamente as que possuíam as maiores facilidades para agarrar suas presas. A girafa também não adquiriu seu longo pescoço pelo desejo de alcançar a folhagem do arbusto mais alto (e, para tanto, estendendo-o constantemente), mas porque algumas variedades com um pescoço mais longo que o usual que ocorreram entre seus ancestrais imediatamente asseguraram uma nova extensão de pasto no mesmo solo, inacessível aos seus companheiros de pescoço curto e, na primeira carência de alimento, foram, portanto capazes de sobreviver a eles.

Na natureza, há uma tendência à progressão contínua de certas classes de variedades, que se afastam indefinidamente do tipo original (progressão para a qual não parece existir razão para assinalar quaisquer limites definidos); e que o mesmo princípio que produz este resultado em estado natural explica também porque as variedades domésticas têm uma tendência a reverter para o tipo original. É crível, esta progressão (por passos pequenos em várias direções, mas sempre impedida e equilibrada por condições necessárias – devido às quais a existência pode ser

autônoma) pode ser acompanhada de modo a concordar com todos os fenômenos apresentados pelos seres organizados: em sua extinção e sucessão nas eras passadas e em todas as extraordinárias modificações de forma, instintos e hábitos que exibem.

Fonte:

WALLACE, A. R. Sobre a tendência das variedades a afastarem-se indefinidamente do tipo original. **Scientia e Studia**. Vol. 1, No. 2, 2003. p. 231-243.

A Teoria Sintética da Evolução

A teoria sintética da evolução reconhece cinco tipos básicos do processo:

- *Mutação gênica;*
- *Variações na estrutura e número dos cromossomos;*
- *Recombinações genéticas;*
- *Seleção Natural;*
- *Isolamento Reprodutivo.*

Os três primeiros fornecem a variabilidade genética, sem a qual não poderia haver mudança, a Seleção Natural e o Isolamento Reprodutivo orientam as populações de organismos em canais adaptativos. Além disso, três processos acessórios afetam o trabalho desses cinco processos básicos:

- *Migração (de indivíduos de uma população para outra);*
- *Hibridação (entre raças ou espécies); ambos estreitamente relacionados aumentam o total de variabilidade genética à disposição de uma população.*
- *Acaso (atuando em pequenas populações podem altear a maneira pela qual a seleção natural guia o curso da evolução).*

A teoria de Darwin apresentava uma séria falha, pois desconhecia tudo a respeito das causas da variação hereditária e suas opiniões a respeito não eram nem lógicas nem coerentes. Darwin aceitava a herança dos caracteres adquiridos pelo indivíduo durante a vida. Considerava as substâncias hereditárias como de natureza fluida e o caráter intermediário de híbridos entre raças ou criações como resultante da mistura em seus corpos, de fluidos dos ascendentes.

*Somente com a redescoberta dos trabalhos de Mendel por Correns, de Vries e Tschermak em 1900 essas falhas puderam começar a ser supridas. Foi, também, através de um dos trabalhos de Vries trabalhando com uma planta chamada onagra (*Oenothera*) percebeu que novos tipos, diferindo-se marcadamente de seus ascendentes imediatos em várias características, podem surgir em uma única descendência, a esta mudança chamou de Mutação, termo este que desde então foi usado principalmente para mudanças em genes isolados. Sabemos agora que existem várias mutações que não causam alterações abruptas de uma ou de várias características, mas produzem ligeiras, apenas perceptíveis modificações das estruturas visíveis.*

Através de muitos experimentos Johannsen e outros geneticistas perceberam que a variação flutuante observada por Darwin em populações naturais, que ele considerava sendo a base da seleção natural, não era absolutamente hereditária, mas devido ao efeito do ambiente nos organismos individuais.

Assim os geneticistas, reunindo as descobertas de Vries e Johannsen, sustentaram que a evolução mediante a origem espontânea de novos tipos que diferem radicalmente de seus ascendentes em várias características. Segundo eles, a seleção natural tem meramente a função negativa de eliminar os tipos menos aptos a sobreviver. (Posteriormente verificou-se que tanto os trabalhos de Vries quanto de Johannsen continham problemas; constatou-se que as mutações da onagra eram na verdade um peculiar tipo de segregação, pois a planta possuía um tipo bastante anômalo de comportamento cromossômico; nos trabalhos de Johannsen constatou-se que por trabalhar com feijões, uma planta cultivada por muitas gerações, houve uma obtenção de uniformidade e constância, desta forma a planta tem artificialmente eliminado suas diferenças devido a genes com pequenos defeitos.)

O evolucionista considera que a variabilidade das populações possui três componentes:

- 1) Ambiental, devido à plasticidade fenotípica;*
- 2) Genético e recombinacional;*
- 3) Genético e mutacional.*

Os dois primeiros contribuem quase que igualmente para variações observadas na maioria das populações de fecundação cruzada, enquanto que, comparativamente, a contribuição imediata da mutação, ou seja, contribuição para a quantidade total da variação fenotípica por geração é mínima.

Tipos de seleção

Com base nas diferentes relações entre organismo-ambiente, foram reconhecidos três tipos diversos de seleção:

- Seleção Estabilizadora: é a ação da seleção natural que mantém uma população geneticamente constante. Ocorre sempre que a relação organismo/ambiente permanece estável por longos períodos de tempo. Este tipo de seleção mantém a constância genética favorecendo os indivíduos médios ou normais de uma população e eliminando os variantes extremos.*
- Seleção direcional: ação que produz, relativamente a certas características adaptativas, uma mudança regular da população em uma direção. Ocorre quando o ambiente está sofrendo uma mudança progressiva em uma direção determinada. Este tipo de seleção favorece populações capazes de respostas adaptativas as mudanças progressivas do ambientes (as mudanças poderiam ser: clima cada vez mais frio ou seco, ataques de um determinado tipo de predador, ou ainda para populações que esteja migrando para um novo território que apresente condições ambientais progressivamente modificadas);*
- Seleção disruptiva: ação que atua decompondo uma população previamente homogênea em várias formas adaptativas diferentes. Ocorre quando uma população já adaptada a um ambiente homogêneo se vê sujeita a pressões seletivas divergentes em diferentes partes de sua área (uma população dividindo-se em subpopulações, onde cada subpopulação sofrendo ações de ambientes diferentes, separando a espécie).*

Irradiação Adaptativa (seleção disruptiva seguida por seleção direcional simultânea em várias linhas diferentes da evolução) => processo responsável pela diferenciação das raças de uma espécie.

A natureza do isolamento reprodutivo

Espécies simpátricas: populações ou espécies que vivem juntas na mesma área;

Espécies alopátricas: populações ou espécies que habitam áreas diferentes.

Mecanismos de Isolamento

A. Mecanismos pré-zigóticos: impedem a fecundação e a formação do zigoto.

- 1. Habitat: as populações vivem na mesma região, mas ocupam habitat diferentes;*
- 2. Sazonal ou temporal: as populações existem na mesma região, mas apresentam maturidade sexual em épocas diferentes;*
- 3. Etológica (somente em animais): as populações são isoladas por comportamentos diferentes e incompatíveis antes do acasalamento;*
- 4. Mecânico: a fecundação cruzada é impedida ou atenuada por diferenças estruturais dos órgãos reprodutivos (genitais nos animais, flores nas plantas).*

B. Mecanismos pós-zigóticos: a fecundação ocorre e zigotos híbridos são formados, mas estes são inviáveis, ou dão origem a híbridos fracos ou estéreis.

- 1. Inviabilidade ou fraqueza do híbrido;*
- 2. Esterilidade estrutural do híbrido: os híbridos são estéreis porque as gônadas se desenvolvem anormalmente, ou a meiose se degenera antes de se completar;*
- 3. Esterilidade segregacional do híbrido: os híbridos são estéreis devido à segregação anormal, para os gametas, de cromossomos inteiros, segmentos de cromossomos ou combinações de genes;*
- 4. Deterioração de F_2 : os híbridos F_1 são normais, vigorosos e férteis, porém a geração F_2 contém muitos híbridos fracos ou estéreis.*

O conceito de tempo evolutivo

Em nível de subespécies e espécies, tanto processos como o curso da evolução podem ser seguidos por observadores humanos. Entretanto para a origem de todas as categorias superiores requer-se muito mais tempo. Pelo que se sabe, todos os gêneros modernos têm pelo menos a idade de um milhão de anos, sendo a maioria deles muito mais antiga. Uma unidade mínima para famílias modernas é de 12 a 15 milhões de anos, e para ordens, aproximadamente 50 milhões de anos. Estes números aplicam-se aos mamíferos, grupo que tem evoluído mais rapidamente em tempos mais recentes. Para grupos de evolução mais lenta, tais como o dos insetos, dos moluscos e das plantas fanerógamas, estes números deveriam ser muitas vezes maiores.

O documentário paleontológico

Embora muitos milhares de tipos diferentes de fósseis tenham sido descobertos, constituem eles apenas uma pequena fração dos organismos que existiram. Autores calculam que os fósseis disponíveis representam apenas uma fração de 1% das espécies que existiram durante a evolução da vida. Não somente é um testemunho muito incompleto, como também, é uma amostra fortemente tendenciosa. Na maioria dos lugares onde morrem os organismos, seus restos são rapidamente destruídos por outros organismos, particularmente por bactérias e fungos que causam o apodrecimento. Como os fósseis são preservados principalmente sob as águas ou em solo encharcado de água, quase todos os depósitos de animais e plantas terrestres estão localizados em leitos de antigos rios e lagos, ou em suas proximidades. Portanto, os organismos que normalmente vivem em tais habitats têm maior probabilidade de serem preservados do que os que vivem em terras altas ou em encostas de montanhas. Além disso, os períodos da história da Terra em que eram comuns os mares rasos, lagos e grandes rios têm maior representação do que os períodos em que predominavam regiões montanhosas.

Outra fonte de imperfeição está em que quase nenhum organismo é preservado em sua integridade. As partes moles muito raramente são preservadas em fósseis. Quanto maior e mais duro o animal ou as partes da sua estrutura, maior a probabilidade de que ele seja preservado, o que acaba por privilegiar alguns grupos (como, por exemplo, os vertebrados) e não outros, como os insetos, que não são apenas pequenos, mas muito frágeis em sua maioria.

Oportunismo evolutivo

Para sobreviver e evoluir, as populações de organismos necessitam de um conjunto de variabilidade genética que lhes permita estabelecer relações bem sucedidas com certos fatores do ambiente imediato em que vivem. Dependendo da natureza da relação organismo-ambiente presente em dado momento e do modo pelo qual o ambiente muda em relação às qualidades e potencialidades presentes no conjunto gênico disponível, uma linha evolutiva de populações pode tanto progredir rapidamente quanto se extinguir, ou, pode ainda permanecer constante por longos períodos de tempo. Não há evidência, na evolução biológica, da existência de um grande projeto geral ou de qualquer espécie de predestinação.

A posição do homem no reino animal

De início, dois pontos devem ser enfatizados. Primeiro, o homem é inquestionavelmente um animal, por sua origem e características biológicas. Anatomicamente, é muito semelhante aos grandes macacos, particularmente ao chimpanzé e aos gorilas. Além do mais, fizeram-se comparações entre a estrutura química das proteínas humanas – em especial das hemoglobinas de nossos glóbulos vermelhos e das proteínas de nosso soro sanguíneo – e as proteínas dos macacos. Estas comparações mostraram que os homens, os chimpanzés e os gorilas se assemelham nestas substâncias químicas básicas do corpo, semelhança essa maior do que a que qualquer um deles tem em relação a outros macacos, como o orangotango ou o gibão, por exemplo. Esta evidência favorece muito a hipótese de que em um determinado estágio de sua evolução os ancestrais do homem eram macacos, já diferenciados em uma linha de irradiação adaptativa diferente da que conduziu ao orangotango e ao

gibão, e que sofreu nova irradiação para dar origem ao gorila, ao chimpanzé e ao homem. Esta hipótese está inteiramente de acordo com a evidência fóssil.

Estrutura populacional e seleção na evolução humana

A apreciação de evolução biológica da humanidade pode ser concluída por algumas especulações sobre os tipos de forças seletivas que a guiaram. As mudanças mais significativas que essas variações seletivas trouxeram foram as seguintes:

- *A mudança da postura em quatro patas dos macacos terrestres e arborícolas para a postura bípede dos homens. Esta mudança requereu uma considerável modificação na estrutura do esqueleto do homem, que pode ser seguida onde quer que se encontrem fósseis que incluam as partes apropriadas;*
- *O aperfeiçoamento da mão para a feitura de instrumentos. Os macacos “não-especializados”, a partir dos quais a linha que conduziu ao homem divergiu, já haviam desenvolvido mãos com o ato de agarrar galhos de árvores;*
- *Aumento do tamanho do cérebro e da inteligência. Esta mudança envolveu não apenas o aumento do tamanho do cérebro, mas também o desenvolvimento específico dos centros nos quais se localizam respostas inteligentes. Quando se encontram crânios inteiros, estas mudanças podem ser seguidas até certo ponto;*
- *Mudanças da dieta de frutas, nozes duras e raízes rijas para uma dieta de alimentos mais moles, incluindo uma dependência cada vez maior para com a carne. Esta mudança implicou: uma diminuição dos caninos, antes usados para despedaçar os alimentos; o desenvolvimento de uma superfície mais regular nos molares trituradores; e, posteriormente, uma redução do tamanho dos próprios molares. Estas mudanças podem ser acompanhadas mais facilmente que as demais através dos documentos fósseis porque os dentes se preservam mais frequentemente do que quaisquer partes do esqueleto;*
- *Aumento da capacidade de comunicação e de comportamento comunitário organizado. Para este tipo de mudança os documentos não fornecem evidências diretas, permitindo, entretanto, por vários modos, uma abordagem indireta.*

Para o homem, a grande vantagem de postura ereta decorre da liberdade que ele concede às mãos, possibilitando-lhes segurar, jogar ou apanhar instrumentos ou outros objetos. A mudança gradual para a postura ereta certamente acompanhou o uso crescente de instrumentos, dado que os australopitecinos, que são os primeiros representantes da postura ereta a figurar no documentário paleontológico, usavam instrumentos e provavelmente obtinham grande parte de sua alimentação com ajuda deles. A postura ereta e o uso de instrumentos foram possivelmente favorecidos com o abandono da vida em árvores pela existência no solo que se iniciou durante a irradiação do tronco driopitecino durante o Mioceno. Os chimpanzés, que são os seres vivos mais próximos ao homem, frequentemente usam instrumentos, como, por exemplo, pedras e pedaços de madeira.

Como o cérebro dos australopitecinos que usavam instrumentos não é muito maior do que dos antropoides, poderíamos concluir logicamente que a maior parte da inteligência do homem foi adquirida depois que começou a se utilizar de instrumentos e adquiriu uma postura ereta. A inteligência, no entanto, não depende apenas do tamanho do cérebro em relação ao tamanho do corpo, mas também do desenvolvimento de áreas específica do cérebro.

Não obstante, o aumento mais rápido do tamanho do cérebro, e presumivelmente da inteligência, ocorreu durante a evolução do Homo erectus a partir dos australopitecinos. Este incremento acompanhou a elaboração de instrumentos bem moldados, de um desenho relativamente constante. Aproximadamente ao mesmo tempo, os homens aprenderam a controlar e usar o fogo. Com melhores instrumentos, esses primitivos homens-macacos aprenderam a caçar animais de grande porte, presumivelmente integrados em bandos cooperativos. A vantagem seletiva de uma comunicação mais eficiente sob estas condições é óbvia. Consequentemente, podemos razoavelmente supor que o período em que o cérebro do homem aumentava mais rapidamente coincidiu com a evolução de sua capacidade para criar e utilizar-se da linguagem. Se desejarmos destacar um período da evolução humana em que a linha evolutiva adquiriu condição humana, deveremos apontar para o período de transição entre os australopitecinos e o Homo erectus, quando se desenvolveram as primeiras formas primitivas de linguagem.

Fonte:

STEBBINS, G. L. **Processos de evolução orgânica**. Trad.: Sergio de Almeida Rodrigues e Paulo Roberto Rodrigues. São Paulo: Polígono e Universidade de São Paulo, 1970. 252 p.

Microevolução

São todos os eventos e processos que ocorrem no nível da espécie ou abaixo, como as variabilidades e as mudanças adaptativas das populações, as variações geográficas e a especiação (MAYR, 2009).

Macroevolução

São os processos que ocorrem acima do nível da espécie, como a origem de novos táxons superiores, a ocupação de novas zonas adaptativas e a aquisição de novidades evolutivas, como as asas dos pássaros, as adaptações terrestres dos tetrápodes e a homeotermia das aves e dos mamíferos (MAYR, 2009).

Fonte:

MAYR, E. **O que é a evolução**. Trad.: Ronaldo Sergio de Biase e Sergio Coutinho de Biase. Rio de Janeiro: Rocco. 2009. p. 342.

Outras teorias em evolução

Em 1965, os físicos Lloyd V. Berkner e Lauriston C. Marshall publicaram um famoso artigo propondo que os níveis de oxigênio na atmosfera da terra provocaram um controle físico direto sobre a explosão cambriana. Os geólogos concordam que a atmosfera original da Terra continha pouco ou nenhum oxigênio livre. O oxigênio formou-se gradativamente como resultado da atividade orgânica – a fotossíntese das algas pré-cambrianas. Os metazoários exigem altos índices de oxigênio livre por duas razões: diretamente, para a respiração; e indiretamente, porque o oxigênio, na forma de ozônio, absorve a radiação ultravioleta prejudicial antes que atinja a vida na superfície da Terra. Os autores propõem que simplesmente que a base do Cambriano marca a primeira vez em que o oxigênio da atmosfera do planeta atingiu um nível

suficiente para a respiração e para a proteção da radiação nociva. Entretanto a presença de oxigênio suficiente não garante a evolução imediata de tudo aquilo que possa respirá-lo. O oxigênio é uma condição necessária, mas não suficiente para a evolução dos metazoários. Provavelmente já havia oxigênio suficiente um bilhão de anos antes da explosão cambriana.

É de Steven M. Stanley a hipótese de uma teoria ecológica muito popular – o princípio da “colheita” – que talvez forneça um controle biológico. Ao considerar as causas da diversidade orgânica, poderíamos esperar que o aparecimento de um “colhedor” (herbívoros ou carnívoros) reduzisse o número de espécies presentes em uma determinada área: afinal de contas, se um animal está colhendo alimentos de uma região anteriormente virgem, há de reduzir a diversidade e remover completamente algumas das espécies mais raras. Entretanto o estudo nos leva a uma expectativa oposta. Nas comunidades de produtores primários (organismos que produzem seus próprios nutrientes pela fotossíntese, não se alimentando de outras criaturas), uma ou algumas espécies serão superiores em competição e monopolizarão o espaço. Tais comunidades podem ter uma grande biomassa, mas normalmente são pobres em número de espécies. Contudo, em um sistema, onde o colhedor tende a atacar as espécies abundantes, limita-lhes assim a capacidade de domínio e abre espaço para outras espécies. O princípio da “colheita” é apoiado por muitos estudos de campos.

Considera-se que a comunidade de algas pré-cambriana que perdurou por dois bilhões e meio de anos consistia exclusivamente em produtores simples e primários. Não era colhida, tornando por, esse motivo, monótona, desenvolvendo-se com extrema lentidão, não alcançando grande diversidade, pois o espaço físico estava fortemente monopolizado por poucas formas. De acordo com Stanley o aparecimento dos coletores herbívoros – protistas unicelulares que comem outras células - abriu espaço para uma maior diversidade de produtores, e esta diversidade aumentada permitiu a evolução de colhedores mais especializados, ampliando a diversidade de espécies. Num franco parágrafo de conclusão, Stanley apresenta quatro razões para que sua teoria seja aceita: (1) “Parece dar conta dos fatos que sobre a vida pré-cambriana”; (2) “É simples, e não complexa e nem forçada”; (3) “É puramente biológica, evitando argumentos *ad hoc*¹⁴ sobre controles externos”; e (4) “Em grande parte, é produto de uma dedução direta de um princípio ecológico estabelecido”.

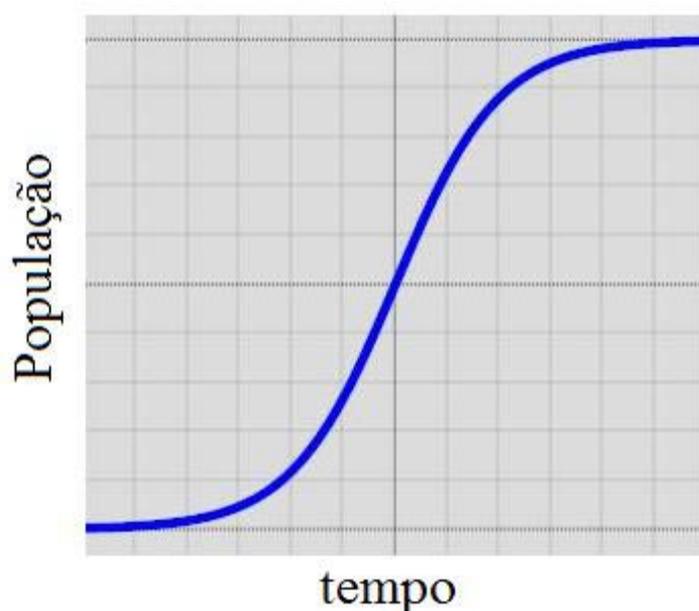
O paleontólogo J. J. Sepkoski há poucos anos descobriu que um diagrama de diversidade orgânica versus tempo, do Pré-cambriano Superior ao término da “explosão”, adapta-se muito bem ao modelo de crescimento geral – a chamada curva em S (sigmoide).

Considere o crescimento de uma típica colônia de bactérias num meio anteriormente desabitado: cada célula se divide a cada 20 minutos para formar duas novas células. O aumento populacional a princípio é vagaroso (as taxas de divisão de células são muito rápidas, mas as células fundadoras são em menor número e a população aumenta devagar até o período explosivo). Essa fase “retardada” forma o segmento inicial, lentamente ascendente, da curva sigmoide, já a fase explosiva começa quando cada célula de uma população substancial produz duas células-filhas férteis a cada 20 minutos. Naturalmente, esse processo não pode perdurar indefinidamente, eventualmente a colônia garante sua própria estabilidade (ou desaparecimento) ao preencher seu espaço, exaurir seus nutrientes, sujar sua moradia com detritos, etc. Esse nivelamento limita a fase explosiva e completa o S da distribuição sigmoide.

¹⁴ Argumento *ad hoc*: argumento provisório ou improvisado

Há uma boa distância entre as bactérias e a evolução da vida, mas o crescimento sigmoide é uma propriedade geral de certos animais. Por divisão da célula, leia-se especiação; para o substrato de Agar usado nos laboratórios, leia-se oceanos. A fase retardada da vida é a vagarosa ascensão inicial dos tempos pré-cambrianos. A explosão cambriana nada mais é que a fase apressada desse processo contínuo, ao passo que a nivelção pós-cambriana representa o preenchimento inicial de papéis ecológicos nos mares do planeta.

Uma observação a qual devemos nos atentar é que a curva sigmoide não é uma propriedade universal dos sistemas naturais, apenas ocorrendo em um tipo específico de ambiente. Os padrões sigmoides só ocorrem em sistemas abertos, irrestritos, onde comida e espaço são tão abundantes que os organismos multipliquem-se até que seus próprios números determinam a limitação do crescimento, do qual os mares primitivos pré-cambrianos se encaixam.



Uma típica curva sigmoide (em S), onde é possível verificar o começo vagaroso (fase retardada), o período do meio de aumento rápido (fase apressada) e o aplanamento final.

Fonte:

GOULD, S. J. **Darwin e os grandes enigmas da vida**. Trad.: Maria Elizabeth Martinez. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999. 274 p.

Equilíbrio Pontuado

O equilíbrio pontuado obteve finalmente uma maioria inequívoca e incontroversa -- isto é, nossa teoria tem agora 21 anos de idade. Nós igualmente, com orgulho paternal (e, conseqüentemente, preconceito potencial), acreditamos que a controvérsia preliminar codificou a compreensão geral, e que o equilíbrio pontuado foi aceito pela maioria de nossos colegas (uma das formas mais convencionais de maioria) como uma adição valiosa à teoria evolucionista. Kellogg iniciou o melhor livro escrito para comemorar 50º aniversário do Darwinismo por notar com que frequência (e como continuamente) os vários críticos tinham proclamado o Sterbelager (leito de morte) da

seleção natural. O equilíbrio pontuado prosperou aos anúncios de sua morte ou trivialidade e tem sido descrito em discussões muito recentes.

Como um neonato em 1972, o equilíbrio pontuado entrou no mundo de maneira incomum. Nós não reivindicamos nenhuma nova descoberta, mas somente uma nova interpretação para a mais velha e mais robusta das observações paleontológicas: as origens geologicamente instantâneas e a estabilidade subsequente (frequentemente em milhões de anos) de “morfoespécies” paleontológicas. Esta observação tinha sido atribuída por muito tempo, por Darwin e por outros, à imperfeição notória do registro fóssil, e foi, entretanto, interpretada em uma luz negativa--como informação ausente sobre a evolução (definidos em livros texto paleontológicos padrão recente como a transformação anagenética contínua ou populações contínuas, ou gradualismo filético).

Em um sentido estritamente lógico, esta explanação negativa trabalhou e preservou o gradualismo, a seguir igualado falsamente com a própria evolução, entre uma falta surpreendente de evidência para este suposto principal sinal de darwinismo. Mas pense no dilema prático ou heurístico dos trabalhos paleontológicos: se a evolução significou o gradualismo, e a imperfeição impossibilitou a observação de tal mudança constante, então os cientistas não puderam acessar o fenômeno mesmo que motivado por seus interesses e construção da história da vida. Como jovens cometidos e ambiciosos pais, nós, entretanto, propusemos o equilíbrio pontuado, esperando validar nossos dados profissionais preliminares como o sinal preferencial ao vazio. Nós pensamos como um acerto de contas biológico padrão. A teoria alopátrica de Mayr ou especiação em populações pequenas isoladas periféricamente, por uma descendência parental, produziram a estagnação e a pontuação quando corretamente feita de acordo com a imensidade do tempo geológico -- para populações pequenas que formam espécies longe de uma massa central em dez ou centenas de milhares de anos, traduzirá quase que em cada circunstância geológica como uma pontuação em um “bedding plane” (divisão de estratos), mudança não gradual sobre um monte de sedimento, visto que a estagnação deve caracterizar a longa e recuperável história das populações centrais bem sucedidas.

O equilíbrio pontuado então cresceu durante sua infância e adolescência, de maneira incontrolada e ordenada. Os acidentes incontrolados da história incluíram os enganos dos colegas (quem, por exemplo, falhou ao compreender a chave reivindicatória da escala geológica, erroneamente traduzindo a precipitação geológica como uma súbita verdade, e então interpretando o equilíbrio pontuado como uma teoria saltacional).

Mas os metódicos acréscimos, implícitos na lógica rudimentar de nosso argumento original, abasteceram o crescimento útil do equilíbrio pontuado à proveitosa idade adulta. (Nós entendemos agora como nós encaramos mal inicialmente as implicações de nosso argumento original; nós agradecemos a nossos colegas, especial S. M. Stanley e E. S. Vrba, desenvolvendo diversos acréscimos). Nós focamos originalmente no tempo, mas argumentos teóricos mais importantes resultaram em implicações com respeito ao modo de evolução -- particularmente as causas que cercam nossas duas principais afirmações para o equilíbrio, ou estagnação da espécie estabelecida, ou da necessidade reformular a macroevolução, notavelmente o fenômeno chave das tendências, como um acúmulo de eventos discretos da especiação tratou como entidades preferências a segmentos indefinidos de séries contínuas -- um assunto abrangido pelo debate sobre a seleção da espécie ou a classificação da espécie.

Equilíbrio pontuado e Macroevolução

Estagnação e seu significado. Nós abrimos nosso trabalho original com uma seção em o que o filósofo N. R. Hanson chamou "a teoria da marca da pata do bode", ou a estruturação de tudo supostamente pela observação objetiva através de expectativas de visões gerais que prevalecem. A Estagnação, palpável e observável na prática em todos os casos (visto que as pontuações rápidas são geralmente, mas não sempre, indescritíveis), torna-se o principal fundamento empírico para estudar o equilíbrio pontuado. Unindo a percepção filosófica do preconceito teórico inevitável, com o tema empírico da obediência da estagnação, nós planejamos um lema: "a estagnação é um dado." Para nenhum preconceito poder ser mais reduzido à invisibilidade -- e a estagnação, inevitavelmente, lida como a ausência de evolução, tem sido sempre tratada como um não-assunto. Embora pareça estranho, para definir o mais comum de todos os fenômenos paleontológicos vai além de interesse ou de observação! Contudo os paleontólogos nunca escreveram trabalhos sobre a ausência de mudança nas linhagens antes que o equilíbrio pontuado concedeu ao assunto algum espaço teórico. E, até pior, como os paleontólogos não discutiam a estagnação, a maioria de biólogos evolucionistas presumiram que a mudança contínua como uma norma, e realmente não sabiam que a estabilidade domina o registro fóssil. Mayr escreveu: "De todas as afirmações feitas sobre a teoria do pontualismo de Eldredge e de Gould, uma que encontrou a maior oposição foi aquela que 'pronunciou a estagnação como o destino comum da maioria de espécies', em seguida terminando a fase das origens... Eu concordo com Gould que a frequência da estagnação na espécie fóssil revelada pela análise recente foi inesperada pela a maioria dos biólogos evolucionistas."

Como a mudança, a mais importante na prática da pesquisa provocada pelo equilíbrio pontuado, a estagnação tem agora se retirado do armário da não-definição para transformar-se em um assunto de investigação quantitativa em todos os principais grupos fósseis -- dos microfósseis (27.000 espécimes medidos de quase 400 amostras que atingem oito milhões anos no último estudo), dos moluscos, dos mamíferos. Embora o equilíbrio pontuado tratasse diretamente apenas a estabilidade da espécie através do tempo, o mais alto nível analógico da não-direção em numerosas clades também dispostas em graus de um não-assunto indefinido para uma documentação merecida do fenômeno. Além disso, porque as espécies mantêm frequentemente a estabilidade através de mudança climática intensa como o ciclo glacial, a estagnação deve ser vista como um fenômeno ativo, não uma resposta passiva aos ambientes inalterados. Muitos teóricos evolucionistas comandados, ao não aceitar nossa preferência para a visão da estagnação na demarcação do contexto ou do habitat ou na coação de desenvolvimento, foram persuadidos pelo equilíbrio pontuado que a manutenção da estabilidade dentro da espécie deve ser considerada como um problema evolucionista principal.

Fonte:

GOULD, S. J. e ELDREDGE, N. Punctuated equilibrium comes of age. **Nature** – Vol. 366, 1993. Disponível em: http://www.stephenjyngould.org/library/gould_comes-of-age.html Acessado em: 25 maio 2009.

APÊNDICE I – MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO UTILIZADO NESTA PESQUISA

Caros Estudantes;

Gostaria de comunicar que será desenvolvido um projeto de pesquisa na UNESP – Campus Bauru entre os meses de agosto e setembro de 2009 para a realização do trabalho de dissertação de André Luis Corrêa, aluno do curso de mestrado da Faculdade de Ciências da Unesp de Bauru sob a orientação da Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira.

O projeto a ser desenvolvido tem como objetivo principal uma proposta didática para ensino de Evolução

O pesquisador vai trabalhar com a turma do 6º termo do curso de Ciências Biológicas que está sob responsabilidade do Prof. Dr. Jehud Bortolozzi. Para o desenvolvimento do projeto, serão feitas atividades de: discussão em grupo, entrevistas e questionários. Todas atividades ocorrerão no horário das aulas de evolução.

Gostaria de esclarecer que os participantes não terão seus nomes identificados no material que será elaborado para a conclusão da pesquisa.

Conto com a colaboração e participação dos senhores para a conclusão deste projeto.

Para autorizar a participação da pesquisa, por favor, preencham a ficha em anexo.

Obrigado,
Atenciosamente

André L. Corrêa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu _____

_____ matriculado na disciplina “Evolução” no ano de 2009, autorizo a realização da pesquisa a ser desenvolvida por André L. Corrêa no segundo semestre deste ano.

Declaro estar ciente de que:

- serão coletados textos elaborados durante as atividades;
- a coleta de dados também ocorrerá por observação, questionários e entrevistas (entrevista gravada em áudio digital);
- os dados serão publicados;
- no trabalho publicado, os participantes NÃO serão identificados.

Bauru, ____ de _____ de 2009.

Assinatura do Aluno

APÊNDICE II - QUESTÕES NORTEADORAS DE DISCUSSÕES NOS MÓDULOS DIDÁTICOS

I - Definindo hipóteses, teorias, leis e conceitos.

- 1 - O que fundamenta as ciências biológicas?
- 2 - Como a ciência é construída?
- 3 - Para vocês o que é:
 - a) Uma teoria científica?
 - b) Um conceito científico?
 - c) Uma lei natural?
- 4 - Pensando no conhecimento biológico, vocês acham que há teoria, leis e conceitos? Em caso afirmativo, dê exemplos de leis, teorias e conceitos na biologia.

II - Os primeiros pensamentos evolucionistas

- 1 - De que forma vocês fazem a leitura de textos científicos?
Como vocês avaliam a confiabilidade das leituras que fazem? Para vocês quais seriam as fontes mais confiáveis e menos confiáveis?

III - Aristóteles e a geração espontânea

- 1 - Vocês acham que a teoria de Aristóteles era aceita? Por quê?
- 2 - A teoria da geração espontânea é aceita no meio científico?

IV - Fixismo

- 1 - Em que se baseia o fixismo?
- 2 - Por que Cuvier não encontrou diferenças entre os gatos mumificados e os seus gatos atuais? Seriam diferentes dos nossos gatos atuais?
- 3 - Por que Cuvier recorre ao Catastrofismo? Qual a ideia geral desta teoria?

V - Mendel

- 1 - Mendel tinha compreensão que tinha descoberto algo tão importante para o conhecimento?
- 2 - O que vocês pensam quando determinado meio de comunicação (jornal, revista...) veicula a informação de algo foi descoberto?
- 3 - Por que os historiadores da ciência normalmente não utilizam a palavra descobrir?
- 4 - Quando Mendel percebeu que poderia induzir as características, ele realmente estava indo contra aos pensamentos religiosos?
- 5 - Como saber se Mendel ficou preocupado com a possível repercussão de seus estudos?
- 6 - Será que ele manteve-se calado mesmo, ou seja, será que ele não publicou nada sobre suas pesquisas?

VI - Design Inteligente

- 1 - O olho humano realmente é perfeito?
- 2 - Evolutivamente o que aparece primeiro o “órgão” ou sua função?
- 3 - O que é uma doutrina finalista?
- 4 - O que é um mecanismo cego?

Do VII ao Século XIX

As ideias de Lamarck

Antes de iniciar o texto:

Por que estudamos a evolução biológica?

Qual a importância de se conhecer o histórico das discussões sobre assuntos científicos?

Após:

- 1 - Logo no início destes textos Lamarck propõe algo que difere em muito a visão fixista? Qual seria esta inferência?
- 2 - Logo depois Lamarck faz menção a uma conhecida teoria, qual é essa teoria? Esta teoria foi primeiramente proposta por Lamarck?
- 3 - Quais indícios de outras teorias aparecem visíveis em seus textos?
- 4 - Quando trata da variabilidade das espécies qual a crítica que Lamarck faz as teorias vigentes de sua época?
- 5 - Quando Lamarck utiliza o termo mutação este tem o sentido atual?
- 6 - Em que se sustenta a 1ª lei de Lamarck? O que é esta animalidade ao qual Lamarck se refere?
- 7 - Qual a base da 2ª lei Lamarckista?
- 8 - Por que normalmente esta 3ª é sempre atrelada ao Lamarckista? Quais as críticas se fazem a esta lei? Ela é totalmente descartável? Qual imagem está sempre vinculada a esta lei?
- 9 - Qual a 4ª lei de Lamarck? Quais as críticas se fazem a esta lei? Ela é totalmente descartável?
- 10 - Qual a importância das Obras de Lamarck?

As ideias de Darwin

Antes:

Por que dizer evolução lembra Darwin? Por que não é o mesmo com Lamarck?

Após:

- 1 - No início do texto sobre seleção inconsciente, Darwin descreve um conhecido mecanismo, que mecanismo é esse? Por que o autor afirma que tais mudanças são lentas e insensíveis?
- 2 - Qual o entendimento de vocês sobre “luta pela existência”?
- 3 - O acham da ideia de se produzir mais descendentes do que aqueles que podem viver?
- 4 - Por que do nome seleção natural? Quem seleciona?
- 5 - A seleção é diretiva? É finalista?
- 6 - O que vocês pensam sobre a atitude de órgãos não-governamentais de preservação de alguns animais em vias de extinção (como mico-leão-dourado, boto cor-de-rosa, etc.)
- 7 - O que vocês entendem por seleção sexual?

- 8 - Qual a diferença entre seleção sexual e natural?
- 9 - Ao tratar das circunstâncias favoráveis à seleção natural, Darwin descreve um importante processo de variação, que processo é este?
- 10 - Qual a importância do isolamento geográfico para a evolução?
- 11 - Por que o uso e desuso encontram-se em Darwin?
- 12 - Quais evidências pode-se citar em relação à origem comum? E quais problemas em relação a esta proposta?
- 13 - O que seria analogia e homologia?
- 14 - Darwin faz um paralelo entre o fixismo e o evolucionismo, onde faz importantes relações, o que vocês pensam disso?
- 15 - Darwin faz menção a uma importante teoria geológica defendida por ele, qual seria? E o que vocês pensam dela?

As ideias de Wallace

- 1 - Quem foi Wallace? Qual a importância dele para o evolucionismo?
- 2 - Qual teoria Wallace teoria está se referindo? Onde encontramos esta mesma referência?
- 3 - Discutir as próprias questões levantadas por Wallace.
- 4 - A lei que Wallace descreve encontra-se em outro autor, qual nome desta lei pelo outro autor?
- 5 - Este outro artigo discorre sobre outra teoria, que teoria é esta e qual sua importância para a biologia?
- 6 - Sobre o pescoço da girafa Wallace acaba por equivocar-se, por quê?

Teoria Sintética

Antes:

* Um indivíduo qualquer foi o ancestral de um determinado indivíduo seguinte. Nesse meio tempo surgiu algum outro indivíduo que teve alguma modificação pra que chegasse no fulano. Esse indivíduo do meio só surgiu pra essa função? Ou ele teve esse período tão importante quanto o seguinte. Essa é uma dúvida que eu tenho.

Através dos experimentos de Mendel foi possível corroborar os trabalhos de Darwin? Mendel pretendia suprir as lacunas da teoria de Darwin?

Após:

- 1 - Por que a Teoria Sintética é conhecida como o neodarwinismo?
- 2 - Quais as novas ideias são acopladas a seleção natural, formando a teoria sintética ou neodarwinismo?
- 3 - Qual a importância da migração para formação de novas espécies?
- 4 - O que é hibridação? Quais as dificuldades da hibridação?
- 5 - Por que o acaso tem papel mais notório para pequenas populações do que para grandes populações?
- 6 - O que é plasticidade fenotípica?
- 7 - Lembrando que o texto analisado foi publicado em 1970, vocês acreditam que o conceito de mutação, ainda hoje, representa o descrito por Stebbins? Quais as diferenças entre mutação e recombinação gênica?
- 8 - O que é irradiação adaptativa?
- 9 - De que forma os mecanismos de isolamento atuam nas populações? Cada mecanismo em uma população diferente, mais que um, ou todos na mesma população?

- 10 - Qual a dificuldade de vocês para compreender a noção de tempo no processo evolutivo?
- 11 - O que são registros fósseis, quais tipos de registros existem e quais limitações eles impõem?
- 12 - Para descrever o oportunismo evolutivo, Stebbins discorre sobre um conceito defendido pela Teoria Sintética, qual esse conceito?
- 13 - A qual reino pertence o homem? Dever-se-ia criar um reino separado para os humanos?
- 14 - Qual a grande dificuldade pra vocês de se entender o processo de especiação humana? Como ocorreu o processo de especiação humana?
- 15 - Nos somos a espécie mais evoluída?

Pós Teoria Sintética

- 1 - O que foi a explosão cambriana? E quais suas dificuldades?
- 2 - O que são teorias gradualistas e saltacionistas?
- 3 - O que é a teoria do equilíbrio pontuado?
- 4 - Qual a lacuna a teoria do equilíbrio pontuado ataca?
- 5 - Após tudo que foi estudado, quais lacunas vocês encontram no entendimento de evolução?
- 6 - Todas as respostas em evolução já foram respondidas pelos cientistas evolucionistas?
- 7 - Qual ciência em moda ajuda a encontrar respostas para as dificuldades evolucionistas?
- 8 - Quais cuidados os professores devem ter com o ensino de evolução?
- 9 - Quais dificuldades vocês encontram no entendimento de evolução biológica?
- 10 - Vocês acreditam que uma discussão epistemológica do conceito de evolução pode contribuir para a aprendizagem do conceito de evolução biológica?

Ao final:

Qual o conceito de evolução?