

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CENTRO DE EDUCAÇÃO, COMUNICAÇÃO E ARTES – CECA
MESTRADO EM EDUCAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SOCIEDADE, ESTADO E EDUCAÇÃO
LINHA DE PESQUISA: ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

MARCELO ERDMANN BULLA

**O papel das interações polêmicas (controvérsias científicas) na
construção do conhecimento biológico: investigando um curso de
Formação Continuada de professores sobre Evolução Humana**

CASCADEL

2016

MARCELO ERDMANN BULLA

O papel das interações polêmicas (controvérsias científicas) na construção do conhecimento biológico: investigando um curso de Formação Continuada de professores sobre Evolução Humana

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Educação, Nível Mestrado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, na linha de pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática, para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Aparecida Meglhioratti

CASCADEL

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B954p

Bulla, Marcelo Erdmann

O papel das interações polêmicas (controvérsias científicas) na construção do conhecimento biológico: investigando um curso de Formação Continuada de professores sobre Evolução Humana. /Marcelo Erdmann Bulla.— Cascavel, 2016.

260 p.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Aparecida Meghioratti
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná,
Campus de Cascavel, 2016
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação

1. Interações polêmicas. 2. Controvérsias científicas. 3. Evolução biológica humana. 4. Formação continuada. 5. Ensino de biologia. 6. *Ardipithecus ramidus* I. Meghioratti, Fernanda Aparecida. II. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. III. Título.

CDD 21.ed. 370.71

573.2

CIP – NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9^a/965

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE EDUCAÇÃO, COMUNICAÇÃO E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
NÍVEL DE MESTRADO/PPGE CAMPUS CASCAVEL

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SOCIEDADE, ESTADO E EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

O PAPEL DAS INTERAÇÕES POLÊMICAS (CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS) NA
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO:
INVESTIGANDO UM CURSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES
SOBRE EVOLUÇÃO HUMANA

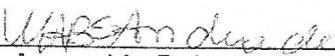
Autor: Marcelo Erdmann Bulla

Orientadora: Fernanda Aparecida Meglhioratti

Este exemplar corresponde à Dissertação de Mestrado defendida por
Marcelo Erdmann Bulla aluna do Programa de Pós-Graduação em
Educação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
UNIOESTE para obtenção do título de Mestre em Educação.
Data: 11/02/2015

Assinatura: _____
(orientador)

COMISSÃO JULGADORA:



Prof. Dra. Mariana Aparecida Bologna Soares de Andrade

Prof. Dr. Wilson Antonio Frezzatti Junior

Dedico esse trabalho a quem possa interessar, aos meus alunos, que acertam com os meus acertos e sofrem com os meus erros e, especialmente, aos professores (principalmente aqueles da educação infantil e alfabetização), os verdadeiros heróis da realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) pela oportunidade de formação e de aprendizagem.

Agradeço a minha orientadora Prof^a Dra. Fernanda Aparecida Meglhioratti por todas as discussões.

Agradeço aos professores participantes do curso de formação em evolução humana por fornecerem importantes informações para a constituição dos dados dessa pesquisa.

Frequentemente e com confiança se tem afirmado que a origem do homem nunca poderá ser conhecida; mas, com mais frequência do que o conhecimento, a ignorância gera certas convicções: os que pouco sabem, e não aqueles que muito conhecem, asseveram com tanta firmeza que este ou aquele problema jamais será resolvido pela ciência.

(CHARLES DARWIN)

BULLA, M. E. **O papel das interações polêmicas (controvérsias científicas) na construção do conhecimento biológico: investigando um curso de Formação Continuada de professores sobre Evolução Humana**. 2016. 260p. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2016.

RESUMO

A pesquisa aqui apresentada tem como tema central a Evolução Biológica Humana, suas Interações Polêmicas (controvérsias científicas) e a Formação Continuada de professores. Temos como objetivos evidenciar o papel das interações polêmicas na construção do conhecimento biológico através da polêmica entre os paleoantropólogos Tim White e Esteban Sarmiento relativa ao fóssil homínido *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”). Propomos, também, avaliar o desenvolvimento de uma sequência didática sobre o tema, em um curso de formação continuada para professores de Ciências e Biologia da rede básica pública de Cascavel-PR e região. Justificamos a escolha do tema “evolução biológica humana” por se tratar de uma área pouco ou nada abordada durante a formação inicial (graduação) e devido à ausência de cursos de formação continuada. A decisão em pesquisar sobre as interações polêmicas se deve ao fato de que essas constituem o contexto dialógico natural da ciência no qual se elaboram as teorias. A escolha da interação polêmica White-Sarmiento se justifica devido a essa controvérsia científica propor a revisão de duas hipóteses relativamente bem aceitas pela comunidade científica, a “hipótese da savana” e a “hipótese do ancestral comum chimpanzé-semelhante”. Além disso, já havíamos utilizado simplificada essa polêmica no ensino médio resultando em férteis discussões acerca da ciência. Tal polêmica fora analisada de acordo com os critérios estabelecidos pelo filósofo Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006) e classificada como sendo do tipo dominante *discussão*. O trabalho empírico envolveu a coleta de dados a partir das respostas fornecidas pelos professores a um questionário inicial e a um final. Além dos questionários, coletamos dados a partir de filmagens durante o curso de formação. Os dados constituídos foram avaliados mediante a metodologia de Análise de Conteúdo. As análises e discussões dos dados obtidos na pesquisa empírica com os professores permitiu evidenciar a urgência e relevância em se propor, ao menos, uma disciplina optativa que aborde a evolução biológica humana na formação inicial. No entanto, aspiramos que tal conteúdo, deveria constar em disciplina obrigatória. Configura-se também, de máxima urgência, o oferecimento de cursos de formação continuada na área, para os docentes já inseridos nas escolas. Também evidenciamos a importância das interações polêmicas para o desenvolvimento e avanço do conhecimento científico. Concluímos que ensinar biologia e ciências utilizando interações polêmicas (controvérsias científicas) pode constituir-se em satisfatória ferramenta pedagógica para apresentar a história da ciência e a sua natureza, uma vez que a atividade científica é permeada por conflitos e batalhas intelectuais. Apresentar essa imagem científica pode melhorar a compreensão dos estudantes em relação ao modo de trabalho interno da ciência, dentro das comunidades científicas, destacando seu caráter competitivo e coletivo. Alguns professores perceberam a presença de valores não-científicos na controvérsia científica White-Sarmiento e isso torna-se relevante para nos lembrar de não apresentar aos alunos a imagem do cientista como alguém alheio à sociedade e à cultura.

PALAVRAS-CHAVES: Interações Polêmicas, Controvérsias Científicas, Evolução Biológica Humana, Formação Continuada, Ensino de Biologia, *Ardipithecus ramidus*.

BULLA, M. E. **The role of polemic interactions (scientific controversies) in the construction of biological knowledge: investigating a Continued Formation course teachers about Human Evolution.** 2016. 260p. Dissertation (Master of Education). State University of Western Paraná. 2016.

ABSTRACT

The research presented here is focused on the Human Biological Evolution, its Polemic Interactions (scientific controversies) and Continued Formation of teachers. We aim to highlight the role of polemic interactions in the construction of biological knowledge by polemic among paleoanthropologists Tim White and Esteban Sarmiento on the hominid fossil *Ardipithecus ramidus* ("Ardi"). We also propose to evaluate the development of a teaching sequence about the subject, in a continued formation course for teachers of science and biology of basic public network Cascavel-PR and region. We justify the choice of the theme "human biological evolution" because it is a area little or anything addressed during the initial formation (graduation) and in the absence of continued formation courses. The decision in research on polemic interactions occurred due to the fact that these are the natural dialogical context of science in which are elaborated theories. The choice of White-Sarmiento polemic interaction is justified due this scientific controversy proposes a revision of two hypotheses relatively well accepted by the scientific community: "savannah hypothesis" and the "hypothesis chimpanzee-like common ancestor". In addition, we have already used simplified way this polemic in high school resulting in fruitful discussions about science. Such polemic interaction was analyzed according to the criteria established by the philosopher Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006) and classified as the dominant type *discussion*. The empirical work involved collecting data from the answers provided by teachers to an initial questionnaire and a final. In addition to the questionnaires, we collect data from filming during the formation course. The data made were evaluated by Content Analysis methodology. The analysis and discussion of data obtained from empirical research with teachers has highlighted the urgency and relevance in proposing at least one elective course that addresses human biological evolution in the initial formation. However, we hope that such content should be included in compulsory subject. Sets up also of utmost urgency offering continued formation courses in the area for teachers already inserted at schools. We also evidenced the importance of polemic interactions for the development and advancement of scientific knowledge. We conclude that teaching biology and science using polemic interactions (scientific controversies) may be in satisfactory teaching tool to present the history of science and it nature, since scientific activity is permeated by conflicts and intellectual battles. Present this scientific image can improve the understanding of students in relation to the internal operating mode of science within the scientific communities, highlighting its competitive and collective character. Some teachers realized the presence of non-scientific values in White-Sarmiento scientific controversies. This is important to remind us not to introduce to students the scientist's image as someone alien to society and culture.

KEYWORDS: Polemic Interactions, Scientific Controversies, Human Biological Evolution, Continued Formation, Biology Education, *Ardipithecus ramidus*.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	11
INTRODUÇÃO	13
1. A NATUREZA DA CIÊNCIA E AS CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS.....	18
1.1. A CIÊNCIA E A SUA NATUREZA.....	18
1.2. HISTÓRIA DA CIÊNCIA E AS CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS (INTERAÇÕES POLÊMICAS).....	34
1.2.1. <i>Origem e Resolução das Controvérsias Científicas (Interações Polêmicas)</i>	42
1.2.2. <i>As Controvérsias Científicas (Interações Polêmicas) na Perspectiva de Marcelo Dascal</i>	46
1.2.3. <i>A “Ciência Normal” de Kuhn versus a “Ciência Normal” de Dascal</i>	55
1.3. POR QUE É TÃO DIFÍCIL SE CHEGAR A UM CONSENSO CIENTÍFICO?.....	57
2. INTERAÇÕES POLÊMICAS NA EVOLUÇÃO HUMANA.....	66
2.1. INTERAÇÕES POLÊMICAS NA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA HUMANA	66
2.1.1..... <i>Como então resolver, ou ao menos reduzir, as interações polêmicas na Evolução Biológica Humana?</i>	69
2.1.1.1. <i>Fósseis Hominídeos: descoberta, contexto, datação, análise, interpretação e cladística.</i>	70
2.1.2. <i>O Caso Australopithecus afarensis (“Lucy”) e a Interação Polêmica “Johanson-Leakey”</i>	78
2.1.3. <i>O Caso Ardipithecus ramidus (“Ardi”) e a Interação Polêmica “White-Sarmiento”</i>	81
2.1.3.1. <i>A Defesa de “Ardi” como Hominídeo</i>	82
2.1.3.2. <i>O Argumento de que “Ardi” não é um Hominídeo</i>	93
2.1.3.3. <i>O Contrargumento de White e colaboradores sobre “Ardi” ser um Hominídeo</i>	96
2.1.3.4. <i>Breves Comentários de outros Paleoantropólogos</i>	99
2.1.3.5. <i>PNAS 2014 – Comentário de Kimbel: “Ardi” é um Hominídeo.</i>	101
2.1.3.6. <i>A Interação Polêmica “White-Sarmiento” está Resolvida?</i>	102
2.2. <i>ANÁLISE DA INTERAÇÃO POLÊMICA WHITE-SARMIENTO SOB A PERSPECTIVA DE MARCELO DASCAL</i>	104
2.3. <i>CIÊNCIA, PRECONCEITO E PARCIALIDADE NAS PESQUISAS SOBRE EVOLUÇÃO HUMANA</i>	113
3. EVOLUÇÃO BIOLÓGICA, NATUREZA DA CIÊNCIA E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA	118
3.1. <i>O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA HUMANA</i>	118
3.2. <i>INTERAÇÕES POLÊMICAS E HISTÓRIA DA CIÊNCIA</i>	127
3.3. <i>HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E PERCEPÇÃO DOS PROFESSORES</i>	132
3.4. <i>FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES</i>	136
4. ASPECTOS METODOLÓGICOS	144
4.1. <i>A PESQUISA, OS SUJEITOS DA PESQUISA E OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS</i>	144
4.2. <i>A ANÁLISE DE CONTEÚDO</i>	150
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	153
5.1. <i>A ANÁLISE DA PESQUISA EMPÍRICA COM OS PROFESSORES</i>	153
5.1.1. <i>Análise das Respostas dos Professores ao Questionário Inicial</i>	154
5.1.1.1. <i>Percepção sobre Controvérsias Científicas e Ciência</i>	154

5.1.1.2. <i>Evolução Biológica Humana e Formação</i>	159
5.1.2. <i>Análise das Discussões no Curso sobre Evolução Biológica Humana</i>	169
5.1.3. <i>Análise das Respostas dos Professores ao Questionário Final</i>	181
5.1.3.1. <i>Percepção sobre Controvérsias Científicas e Ciência</i>	181
5.1.3.2. <i>Evolução Biológica Humana e Formação</i>	191
CONSIDERAÇÕES FINAIS	205
REFERÊNCIAS	212
APÊNDICES	228
ANEXOS	260

APRESENTAÇÃO

Dentre as muitas áreas que perfazem o arcabouço das Ciências Biológicas, a área que procura responder como ocorrera a origem (e diversificação) das espécies no planeta Terra, além de procurar explicar como os organismos desenvolveram suas adaptações, aqueles atributos que “parecem” terem sido “desenhados” para desempenhar suas funções, me despertara grande interesse desde longa data. A área que aborda essas questões é a Biologia Evolutiva. Dessa maneira, o interesse por essa área vem desde antes de entrar na universidade, obviamente, de forma muito tímida e que só aumentara com o ingresso na graduação.

Após finalizar (e mesmo antes) a licenciatura em Ciências Biológicas, e adentrar as escolas (em 2002-2003), percebi que o conteúdo de Biologia Evolutiva aprendido era insuficiente frente às minhas próprias indagações, às indagações dos meus alunos e de muitos colegas professores (que constantemente lamentavam sua própria falta de domínio conceitual sobre o tema) e às discussões na sociedade (e na política) em geral. Assim sendo, procurei desde então melhorar as minhas habilidades, competências e conhecimento na área através da chamada “formação continuada”, ou seja, da formação permanente realizada após a graduação, por meio de cursos de curta duração em Simpósios, Semanas Acadêmicas, Congressos etc., além da aquisição de muitos materiais tais como livros, documentários e artigos.

A partir disso uma lacuna ainda maior permanecia: e a Biologia Evolutiva Humana? Por que não se ensina sobre a evolução biológica humana nos cursos de Biologia? Não há professores para a graduação formados nessa área? Todos os professores de ensino médio com os quais conversei a respeito do tema, tanto aqueles já formados há muitos anos, quanto àqueles recentemente formados, não tiveram formação na área (ou se tiveram, a tiveram muito superficialmente) no seu curso de licenciatura (e também no de bacharelado).

Em diálogos e debates (entre os anos de 2014-2015) com graduandos recém-formados no curso de Ciências Biológicas – Unioeste e com alunos participantes de grupos de pesquisa em ensino de biologia e no grupo do PIBID-Biologia da mesma universidade, constatamos que ou os graduandos não tiveram nenhuma carga horária sobre o tema ou o tiveram de forma superficial. Durante a convivência de

cerca de 10 anos com outros professores de ciências e biologia das escolas públicas e privadas (principalmente as públicas) do PR percebemos que nenhum deles tivera aula sobre evolução biológica humana na sua formação inicial e pouquíssimos deles realizaram alguma formação continuada ou qualquer outro curso na área.

Levando em conta a minha própria formação, experiência e convivência com outros professores da rede básica, surgiu a ideia primeira de pesquisar sobre biologia evolutiva e, posteriormente, sobre biologia evolutiva humana e realizar um mestrado na área.

Com base no enfoque da biologia evolutiva humana, decidimos utilizar a interação polêmica (controvérsia científica) sobre o suposto fóssil hominídeo *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”), pois já havia utilizado essa atividade (junto com o documentário em vídeo *Descobrimo Ardi*), de forma bastante simplificada e breve, em algumas aulas no ensino médio, o que resultara em importantes discussões e, talvez, em uma compreensão mais adequada da ciência, afinal tal polêmica propõe a revisão de duas hipóteses relativamente bem aceitas pela comunidade científica: a “hipótese da savana” e a “hipótese do ancestral comum chimpanzé-semelhante”, demonstrando a natureza dinâmica de constante revisão, reanálise e reestruturação do conhecimento científico através dos desacordos e dos confrontos de ideias entre os cientistas.

Além disso, ao apresentar essa controvérsia científica no ensino médio, objetivou-se também apresentar como trabalham os cientistas chamados “paleoantropólogos” e como os fósseis são encontrados, desenterrados e interpretados. Desse modo, nessa pesquisa, enfatizamos essa polêmica com o intuito de pensarmos a formação de professores para trabalhar com a temática da evolução biológica humana.

INTRODUÇÃO

A ciência é rica em conflitos e confrontos de ideias desde o âmbito conceitual-epistêmico ao âmbito sócio-cultural. Marcelo Dascal (1994) afirma que a ciência se constitui como uma sequência de controvérsias, nas quais se manifestam tanto a racionalidade como a irracionalidade da construção científica, uma vez que ideias e hipóteses defendidas pelos cientistas podem ser fundamentadas em pesquisas científicas sérias, rigorosas e consistentes ou em vieses tão apaixonados que não conseguem enxergar as evidências indicando o contrário das suas ideias. Percebe-se, portanto, a importância de se refletir sobre as interações polêmicas (controvérsias científicas)¹ no sentido de compreender, adequadamente, a natureza do conhecimento científico.

Compreendendo que a ciência se realiza por conflitos racionais, discussões conceituais e ideologias, e sendo as interações polêmicas (controvérsias científicas) o contexto dialógico natural da ciência, no qual se elaboram as teorias e se constituem seus sentidos, sofrendo influências de valores políticos, culturais e econômicos, evidencia-se a importância de se construir uma percepção mais contextual da ciência tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, pois entendemos que a pesquisa das interações polêmicas é um meio importante que possibilita uma descrição satisfatória da história e do exercício da ciência. Desse modo, a presente dissertação discute o papel das controvérsias científicas para o desenvolvimento de uma visão mais adequada do processo de construção do conhecimento científico. Para tanto, abordamos, em maiores detalhes, uma polêmica relativa à evolução biológica humana.

O presente trabalho investiga o desenvolvimento de uma sequência didática, pautada nas interações polêmicas referentes à evolução biológica humana, em um curso de formação continuada de professores de ciências e biologia, com o intuito

¹ Ressaltamos que os termos *controvérsia* e *controvérsia científica* podem ser considerados sinônimos quando usados comumente pelos cientistas. Entretanto, alertamos que, quando utilizados sob a perspectiva de Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006), filósofo que criou uma classificação própria para os desacordos científicos, o termo *controvérsia científica* (ou *controvérsia*, apenas) ganha outra conotação mais específica (ver p. 41, item 1.2.2). Dascal denomina todas as discordâncias científicas de interações polêmicas, sendo para ele a *controvérsia científica* (ou apenas *controvérsia*) um tipo de interação polêmica. Contudo, nessa dissertação, de modo geral, o termo *controvérsias científicas* (ou apenas *controvérsias*), como utilizado comumente pelos cientistas, é utilizado de modo aproximado (ou sinônimo) ao de interações polêmicas de Dascal e por isso mantivemos os dois termos no título da nossa pesquisa. Quando especificamente falarmos de *controvérsias científicas* no sentido atribuído por Dascal, destacaremos esse aspecto no texto.

de desenvolver uma percepção crítica do professor a respeito da natureza da ciência, bem como contribuir para uma melhor compreensão sobre evolução humana e, conseqüentemente, uma melhoria da sua prática docente. Especificamente, esse trabalho teve como objetivos: 1) evidenciar o papel das interações polêmicas (controvérsias científicas) na construção do conhecimento científico, em específico, a polêmica White-Sarmiento relativa ao fóssil hominídeo *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”); 2) discutir o papel das interações polêmicas na construção do conhecimento científico na formação continuada de professores de Ciências e Biologia; 3) avaliar o desenvolvimento de uma sequência didática sobre evolução biológica humana, contemplando suas interações polêmicas (especialmente sobre *Ardipithecus ramidus*), em um curso de formação continuada com professores de Ciências e Biologia da rede básica pública de Cascavel-PR e região.

A escolha do tema “evolução biológica humana”, para nortear nossas discussões sobre as interações polêmicas, natureza da ciência e para a proposição de uma sequência didática para professores é justificada pelos seguintes motivos: 1) a área é pouco ou nada abordada durante a formação inicial de professores; 2) à ausência de cursos de formação continuada na área; 3) trata-se de uma temática importante para o reconhecimento de que o ser humano, assim como os outros seres vivos, tem uma ancestralidade e é fruto de um processo evolutivo; 4) a paleoantropologia, área que estuda a evolução biológica humana, é uma área científica altamente polêmica (PROTHERO, 2007) sendo, portanto, um excelente exemplo para demonstrar como a ciência é rica em divergências; 5) escassez de trabalhos publicados que abordam a evolução biológica humana relacionando-a com a formação inicial e, principalmente, com a formação continuada; 6) temática considerada tabu, mais ainda do que a evolução em geral, ao ser tratada no contexto escolar; 7) necessidade de elaboração (ou sugestão) de materiais didáticos para os professores e alunos; 8) baixo nível de compreensão, ou a compreensão inadequada, por parte de alunos e de professores da educação básica sobre evolução biológica (BIZZO, 1991; CICILLINI, 1997; 1999; TIDON; LEWONTIN, 2004; GOEDERT; LEYSER; DELIZOICOV, 2006; CASTRO; AUGUSTO, 2009; SEPULVEDA; EL-HANI, 2009; CALDEIRA et al., 2010; OLEQUES; BARTHOLOMEI-SANTOS; BOER, 2011; MOURA; SILVA-SANTANA, 2012; HIDALGO; JUNIOR, 2014; PAESI; ARAUJO, 2014). Em relação às interações polêmicas (controvérsias

científicas) sobre evolução humana, discutiremos mais detalhadamente, ao longo desse trabalho, uma polêmica atual, ocorrida (e ainda em curso) entre os paleoantropólogos Tim D. White (e equipe) e Esteban E. Sarmiento em torno do suposto fóssil homínido *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”) desenterrado no Leste Africano (Etiópia) entre os anos 1990 e 2010. O destaque para essa polêmica se dá pelo fato dela se constituir em um debate público atual bastante significativo, uma vez que a descoberta do fóssil propõe a revisão de duas hipóteses relativamente bem aceitas pela comunidade científica: a “hipótese da savana” (ou “hipótese dos campos abertos”) para o surgimento do bipedalismo e da ortogradia (postura ereta) e a “hipótese do ancestral comum chimpanzé-semelhante”, a qual estabelece o ancestral comum compartilhado por humanos e chimpanzés como semelhante ao chimpanzé moderno. Ou seja, essas duas hipóteses são desafiadas pelas pesquisas relacionadas com *Ardipithecus ramidus*.

Para Douglas Futuyma (2009, p.10), “a história da ciência está cheia de exemplos de conclusões que tiveram que ser modificadas ou rejeitadas”, e as controvérsias exercem grande papel para que ocorram essas modificações e rejeições. Nesse sentido, Ridley (2006) defende a importância das discussões e controvérsias como formas de estimular novos programas de pesquisa. Futuyma (2009, p.11) também nos diz que “cada disciplina científica é cheia de controvérsias e batalhas intelectuais entre os proponentes de hipóteses contrárias”. Essas batalhas intelectuais estimulam análises cada vez mais rigorosas “até que mesmo os mais intransigentes céticos sejam conquistados por uma visão de consenso (ou até que eles morram)” (FUTUYMA, 2009, p.11).

Quando as discussões se fazem no campo da teoria da evolução biológica, essas discussões são ainda mais intensas. Eva Jablonka e Marion Lamb (2010, p.23) afirmam que a intensidade da discussão “fica ainda mais evidente quando a discussão se dá em torno de algo como a teoria da evolução, que diz respeito à história humana”.

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos, além de apresentação, introdução, considerações finais, apêndices e anexo. No primeiro capítulo escrevemos a respeito da ciência e sua natureza (suas características), um pouco sobre sua história, enfocando o papel da sociedade e principalmente das interações polêmicas (controvérsias científicas) para a construção do conhecimento científico. Abordamos também algumas classificações e definições dessas

polêmicas, oferecendo um destaque especial para a classificação proposta pelo filósofo Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006), um pesquisador especialista na área das interações polêmicas e fundador da Associação Internacional para o Estudo das Controvérsias (IASC, em 1996). Dascal utiliza o termo “interações polêmicas” para se referir a todos os desacordos científicos. Esses desacordos são comumente chamados pelos cientistas de “controvérsias” ou “controvérsias científicas”. Escrevemos também, de forma bastante breve, sobre a polêmica “realismo científico *versus* antirrealismo científico”, apenas para enfatizar a amplitude dos desacordos no âmbito da ciência. Utilizamos, para tanto, as ideias dos filósofos da ciência Karl Popper e Bas van Fraassen. Ainda, nesse mesmo capítulo, apresentamos de forma curta as diferenças de concepções sobre “ciência normal” segundo Thomas Kuhn e segundo Marcelo Dascal.

O capítulo dois é destinado à discussão das interações polêmicas sobre evolução biológica humana. São abordados aspectos gerais da paleoantropologia de acordo com o paleoantropólogo Bernard Wood (2005), com o intuito de facilitar a compreensão das polêmicas nesse campo de pesquisa e, especificamente, das duas polêmicas apresentadas nesse capítulo: a polêmica entre os paleoantropólogos Richard Leakey e Donald Johanson em torno da descoberta do fóssil hominídeo *Australopithecus afarensis* (“Lucy”) e a polêmica, qual apresentaremos em detalhes e é um dos focos desse trabalho, que ocorreu (e ainda ocorre) entre os paleoantropólogos Tim White e Esteban Sarmiento referente ao suposto fóssil hominídeo *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”). Essa última foi analisada de acordo com os pressupostos elaborados pelo filósofo Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006) e chegamos à conclusão de que se trata de uma interação polêmica que se configura como sendo do tipo dominante *discussão*. Finalizamos o capítulo abordando, brevemente, algumas discussões referentes à existência de ideologia, preconceito e de parcialidade nas pesquisas em evolução biológica humana.

No capítulo três abordamos a importância de utilizar as controvérsias científicas (interações polêmicas) nas aulas de ciências e de biologia para ensinar sobre natureza da ciência. Kipnis (2001, p.33) argumenta que “uma discussão aprofundada de controvérsias científicas em sala de aula é uma das melhores maneiras de utilizar o tempo limitado de que os professores dispõem para usar a história da ciência no ensino de ciências”. Além disso, aquilo que é controverso na ciência deve ser apresentado, na sala de aula, como tal, para se evitar a doutrinação

(SANDER, 2011). Apresentamos nesse capítulo a relevância da história e da filosofia da ciência (HFC) para o ensino de ciências e para a formação de professores de Ciências e Biologia. Escrevemos também a respeito da formação continuada de professores de Ciências e Biologia, evidenciando as suas dificuldades e possibilidades, bem como a importância da boa formação docente. Ainda nesse capítulo, argumentamos sobre o papel central da evolução biológica para o ensino de biologia e enfatizamos a importância da evolução biológica humana para a Educação Básica e Ensino Superior.

No capítulo quatro apresentamos a estrutura do curso de formação continuada ofertado aos professores de Ciências e Biologia de Cascavel-PR e região. Os dados do curso obtidos mediante a aplicação de questionários (inicial e final) e filmagens foram analisados segundo os critérios de Laurence Bardin (1977). O capítulo cinco apresenta as análises e discussões dos dados obtidos na pesquisa empírica com os professores, através de questionários e filmagens, no qual, podemos evidenciar a importância das controvérsias científicas, para o avanço e desenvolvimento da ciência, levando em conta tanto fatores epistêmicos (científicos) quanto não-epistêmicos (não-científicos), para que a ciência seja compreendida de maneira mais crítica e contextualizada, além da relevância do curso desenvolvido e a urgente necessidade de abordagem mais detalhada sobre a evolução biológica humana na formação inicial e formação continuada de professores.

Após o capítulo cinco encontram-se as considerações finais, constituídas de sínteses das reflexões e argumentações desenvolvidas ao longo da pesquisa procurando responder aos objetivos pretendidos.

1. A NATUREZA DA CIÊNCIA E AS CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS

1.1. A CIÊNCIA E A SUA NATUREZA

Como os cientistas compreendem a atividade científica e a finalidade dessa atividade? De maneira geral, diferentes cientistas têm diferentes modos de compreender a atividade científica e, conseqüentemente, sua finalidade e seu exercício. Os próprios cientistas definem ciência de maneira plural e diversa, podendo incluir nessas definições suas visões pessoais, as quais podem complementar ou conflitar com a visão de outros cientistas. Com efeito, não existe uma concepção única de ciência. Entretanto, torna-se importante para uma primeira abordagem daquilo que estamos tentando explicar ou demonstrar apresentar uma, ou algumas, concepções ou definições mesmo que aproximadas. Definir, como o próprio nome indica, significa limitar, circunscrever e, dessa maneira, talvez, nunca conseguiremos dizer exatamente aquilo que de fato precisamos, ou queremos, dizer em poucas palavras. Como bem afirma Dennett (2006), no momento em que definimos algo traçamos um limite e esse limite, provavelmente, será ultrapassado. No entanto, podemos aproximar-nos, e frequentemente utilizamos algumas tentativas de aproximação, que são necessárias e, talvez, até indispensáveis. As quatro definições utilizadas a seguir, a partir de quatro cientistas (Medawar, Ayala, Futuyama e Freire-Maia), não parecem contradizerem-se, mas complementarem-se.

Peter Brian Medawar, cientista ganhador do Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1960, por pesquisar o sistema imunológico de animais, aborda o conceito de ciência da seguinte maneira:

A palavra “ciência” é empregada como designação geral para, de um lado, os procedimentos da ciência – aventuras do pensamento e estratégias de investigação que levam ao progresso do aprendizado – e, de outro, a ciência como corpo substantivo do conhecimento, resultado desse empenho complexo, embora, neste último caso, não deva ser vista como um mero amontoado de informações (MEDAWAR, 2008, p.13, grifo do autor).

De acordo com o cientista Francisco J. Ayala (2007, p.176, tradução nossa) “a ciência busca explicações do mundo natural mediante a formulação de hipóteses que estão sujeitas à falsificação ou à corroboração empírica”. Douglas Futuyama (2005, p. 525, tradução nossa, grifo do autor) define ciência como um “*processo de aquisição de entendimento dos fenômenos naturais*” apresentando hipóteses e

testando-as através de evidências observacional e ou experimental. Para o cientista Newton Freire-Maia (2007, p.18)

Ciência é um conjunto de descrições, interpretações, teorias, leis, modelos, etc., visando ao conhecimento de uma parcela da realidade, em contínua ampliação e renovação, que resulta da aplicação deliberada de uma metodologia especial (metodologia científica) (FREIRE-MAIA, 2007, p.18).

Contudo, apesar de Freire-Maia citar um método científico ele destaca que não existe, necessariamente, uma ordem correta para a pesquisa científica, ou seja, não existe “o” método científico, ou seja, um único método para todas as ciências naturais. Diz ele que o que há é “uma ‘desordem’, na qual, sem plena consciência de sua natureza, o cientista elabora as suas criações” (FREIRE-MAIA, 2007, p.113). Contudo, isso não significa que não existam procedimentos e diretrizes que fundamentam as ações dos cientistas. Nesse sentido, Bizzo (2011, p.23) destaca que “não há, nem mesmo na Biologia, um método científico único, mas é possível identificar um conjunto de procedimentos reconhecidos e adotados pela comunidade científica”, e que “a construção de novos conhecimentos toma como base essas diretrizes”. James Watson (2014), pesquisador que, junto a Francis Crick, descobriu² a estrutura em dupla hélice do DNA, afirma em seu livro (originalmente escrito em 1968) que “há uma ignorância generalizada sobre como a ciência é ‘feita’ [...] os estilos de pesquisa são tão variáveis quanto às personalidades humanas” (WATSON, 2014, p.28, grifo do autor). Watson afirma também que

[...] a ciência raramente caminha de maneira linear lógica imaginada por quem é de fora. Em vez disso, seus passos para frente (e, às vezes, para trás) muitas vezes são constituídos por acontecimentos totalmente humanos, em que pessoas e tradições culturais desempenham papéis de destaque (WATSON, 2014, p.28).

Freire-Maia (2007) enfatiza ainda que a ciência não é neutra e que não se pode “ingenuamente acreditar que a ciência [...] seja algo independente [autônomo]

² James Watson utiliza tanto o termo “construção de modelo” quanto “descoberta da estrutura” para se referir à estrutura do DNA, entretanto, mesmo utilizando o termo “modelo”, parece enfatizar o uso e o sentido do termo “descoberta”. O próprio título do livro, *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA (A Dupla Hélice: Uma Explicação Pessoal da Descoberta do DNA* e que em português brasileiro foi traduzido para *A Dupla Hélice: Como Descobri a Estrutura do DNA*), parece expor tal ideia. Além disso, Watson (p.xi, 1998) inicia o seu relato afirmando: “Here I relate my version of how the structure of DNA was discovered” (“Aqui eu relato minha versão de como a estrutura do DNA foi descoberta”).

do meio social³, alheia às influências estranhas e neutra às várias disputas que envolvem a sociedade” (FREIRE-MAIA, 2007, p.102), ou seja, a ciência influi na sociedade e sofre influências dela. Além disso, Freire-Maia (2007) lembra que uma parte da ciência está a serviço do lucro e da dominação.

A interpretação dos dados na constituição da ciência pode sofrer influências dos valores e desejos do cientista e da comunidade na qual está inserido. Nesse sentido, o ecólogo comportamental⁴ John Alcock (2013) afirma que ambições exageradas para tornar-se reconhecido na academia podem decidir o que os pesquisadores “verão” nos seus resultados. Esse cientista nos diz que “por vezes, as pressões para ter sucesso na academia levam os pesquisadores a ver o que eles querem ver a partir de seus estudos” (ALCOCK, 2013, p.12, tradução nossa).

Em relação a como as teorias são aceitas por uma comunidade científica, Freire-Maia (2007) compreende a existência de cinco fatores: *testabilidade, corroboração, coerência, fertilidade e inocuidade em relação a fatores extracientíficos*. A respeito desse último fator, o autor afirma que: “se as novas teorias ferem princípios, ideologias, crenças, etc., dominantes num dado meio, poderão ser afastadas como ‘errôneas’, ‘más’, ‘reacionárias’, ‘imorais’, etc.” (FREIRE-MAIA, 2007, p.103). Esses apontamentos evidenciam como o ambiente social (em geral a classe dominante) e os fatores extracientíficos (ou não-epistêmicos) podem influenciar, e até ditar, o andamento científico. Freire-Maia (2007, p.105) cita dois exemplos da relação ciência-sociedade:

A tese darwiniana da seleção natural, por exemplo, foi aceita com simpatia pela classe dominante da Inglaterra vitoriana. Chegou-se mesmo a criar uma doutrina – o darwinismo social⁵ – para justificar

³ Segundo Carvalho (2013), a área de investigação denominada “História Social das Ciências” teve um marco importante com a tese *Science, technology and society in seventeenth-century England* do sociólogo estadunidense Robert King Merton em 1938. Merton é considerado por vários pesquisadores como o “pai” ou fundador da sociologia da ciência.

⁴ Ecologia Comportamental, Sociobiologia ou Psicologia Evolucionista é a área da Biologia que estuda as bases biológicas do comportamento social (ALCOCK, 2001; 2013).

⁵ “Herbert Spencer, um contemporâneo de Darwin, promulgou a filosofia do ‘Darwinismo Social’, a doutrina que afirma que o progresso humano é o resultado da competição e da luta entre indivíduos, raças e nações, da mesma forma que a ‘sobrevivência do mais apto’ – o termo de Spencer para a seleção natural – é o motor do ‘progresso’ evolutivo. Spencer se opunha à ajuda do Estado aos pobres, ao apoio do Estado à educação e à regulamentação dos negócios, como barreiras para a competição e, portanto, para o progresso. O Darwinismo Social foi imensamente popular na América no começo do século vinte, especialmente entre gigantes de negócios, tal como John D. Rockefeller. Além disso, esse [Rockefeller] esteve de mãos dadas com a crença comum de que inteligência, criminalidade e outros caracteres estavam fixados geneticamente, e não podiam ser alterados pelo ambiente. Essas crenças levaram a um florescente movimento eugênico [fundamentado em Francis Galton, primo de Darwin e defendido por Leonard Darwin, filho de Darwin] nas primeiras décadas do

qualquer tipo de dominação de um grupo social ou racial por outro mais forte e capaz. Já a teoria geral da evolução, o heliocentrismo, a genética, etc. foram duramente combatidos na base de preconceitos filosófico-políticos ou supostamente religiosos (FREIRE-MAIA, 2007, p.105).

Para Freire-Maia (2008), os “construtivistas sociais” são aqueles que defendem que “a cultura subverte a ciência”, isto é, a cultura determina o conteúdo da teoria científica, ou seja, toda forma de pensamento (incluindo a científica) é socialmente condicionada. Para os “racionalistas⁶” os dados e sua interpretação são puramente racionais sem qualquer interferência dos fatores sociais. Acreditamos que o mais razoável seja o meio-termo entre as duas concepções, variando de acordo com a área pesquisada e com a cultura. Sendo assim, estamos de acordo com Newton Freire-Maia (2008, p.267) quando esse afirma que “o mais razoável estará no meio termo”. Isto é, “o cientista sofre influência de seu meio, mas é inegável que a pura razão é igualmente importantíssima para ele. Sem esquecer naturalmente, a imaginação e a inspiração” (FREIRE-MAIA, 2008, p.267).

Ainda nesse viés, os construtivistas sociais defendem que Charles Darwin (1809-1882), oriundo da classe inglesa dominante e capitalista, por exemplo, ao desenvolver sua teoria da seleção natural, apenas “transferiu” as características da sociedade vitoriana para a natureza, ou seja, a ciência de Darwin seria apenas um reflexo da sua sociedade e cultura, sem qualquer valor científico. Entretanto, Alfred Russel Wallace (1823-1913), cientista da mesma época, produziu independentemente, essencialmente, a mesma teoria, ao mesmo tempo, que Darwin, apesar do fato de que Wallace não pertencia à classe dominante, era um

século, que advogavam encorajar pessoas ‘superiores’ a terem mais filhos e desencorajar ou prevenir pessoas ‘inferiores’ de se reproduzirem. Igualmente essas crenças foram usadas para justificar o racismo, colonialismo e o domínio de alguns povos por outros. O ‘arianismo’, a ideologia da superioridade teutônica [alemã] que se desenvolveu no racismo dos nazistas, foi promulgada antes do *The Origin of Species* ser publicado, mas justificou-se mais tarde pela ‘lei natural’ da seleção natural [...] no campo da Evolução Biológica é importante apontar equívocos e interpretações ideológicas como a ‘falácia naturalística’ – a crença de que o que é natural é bom, e por essa razão fornece guia moral para a conduta humana. O Darwinismo Social se baseou nessa falácia” (FUTUYMA, 2009, p.749, grifo do autor). Para Peter J. Bowler (1983 apud DALGALARRONDO, 2011, p.453), “as teses e metáforas darwinistas logo foram lidas, transformadas e adaptadas, por pensadores sociais e políticos, para diferentes finalidades”, podendo justificar o colonialismo, o imperialismo, o racismo e mesmo a escravidão. Outros importantes nomes relacionados ao Darwinismo Social foram Charles Davenport e William Graham Sumner (RUSE, 1995). Pelo fato de Herbert Spencer ter defendido a ideia do Darwinismo Social já antes da publicação de *A Origem* de Darwin, melhor seria se fosse chamado de “Spencerianismo Social”. Além disso, a biologia de Spencer foi principalmente inspirada pelo transformismo de Lamarck (BECK, 2009).

⁶ Não confundir o termo “racionalista” utilizado aqui, por Freire-Maia, para contrastar com os socialistas radicais, com o termo “racionalista” como sinônimo de “realista científico” (aquele adepto da posição filosófica chamada de “realismo científico”).

cientista pobre que vivia de coletar e vender espécimes e, que posteriormente, abraçou o socialismo e o espiritismo⁷ e jamais negou o poder da seleção natural. Aliás, até sua morte, defendia a seleção natural como tendo “importância esmagadora” na natureza (WALLACE, 2012, p.11). Dessa maneira, concordamos com o ecólogo comportamental John Alcock (2003) quando afirma que ao nos depararmos com a “habilidade de duas pessoas de tão diferentes vivências e experiências engendrar, fundamentalmente, a mesma teoria explicativa, deve gerar certa quantidade de cautela no campo da ‘a cultura subverte a ciência’” (ALCOCK, 2001, p. 89, tradução nossa). Esse mesmo pesquisador também estabelece um meio-termo entre construção social e razão científica pura, talvez dando uma ênfase maior para a importância da razão.

Sim, a cultura de um cientista fornece a ele todos os tipos de informações, tradições, atitudes e modos de pensar. Sim, Darwin (por exemplo) foi um membro da classe alta na Inglaterra Vitoriana, uma sociedade impiedosamente capitalista à época. Sim, a filosofia capitalista dos estratos superiores sancionava, de maneira desumana, a eliminação dos mal sucedidos de maneira análoga ao processo de seleção natural. Sim, Darwin claramente absorveu alguns aspectos da filosofia capitalista devido sua imersão em sua sociedade, e é concebível que um conhecimento dessas questões lance alguma luz histórica sobre o porquê a teoria da evolução por seleção natural surgiu quando e onde surgiu. Entretanto, o ponto de partida não seria se a teoria da seleção natural é correta? [...] Não podemos perguntar se a ciência de Darwin estava certa ou errada? Para ser aceito por seus colegas cientistas, sua teoria tinha que resistir a desafios científicos constantes. Se, por exemplo, os biólogos tivessem demonstrado que a variação hereditária realmente não era uma característica de quase todas as espécies conhecidas do homem, os paralelos entre a teoria da seleção natural e o dogma capitalista não teriam feito nenhum bem a Darwin. Sua teoria teria sido posta de lado devido às evidências contrárias a ela, não importando o quão consistente a teoria era com qualquer ideologia culturalmente sancionada (ALCOCK, 2001, p.89, tradução nossa).

O físico e matemático Leonard Mlodinov (2015) também expõe a relação profunda entre ciência e sociedade ao estabelecer que o desenvolvimento da ciência

⁷ Após realizar pesquisas relacionadas à existência dos espíritos, Wallace se torna adepto do Espiritismo (ou Neo-Espiritualismo inglês), e passa a negar a aplicação da seleção natural no desenvolvimento das características humanas (intelectuais e morais), entretanto, para todo o resto da natureza, mantém defendendo, ainda mais do que Darwin, a “importância esmagadora” da seleção natural. Diz ele a respeito: “vemos assim que a teoria darwiniana, mesmo levada à conclusão lógica extrema, não só não contraria como respalda a crença na natureza espiritual do homem. Mostra-nos como o corpo humano evoluiu a partir de uma forma bruta inferior segundo a lei da seleção natural, mas nos ensina também que possuímos faculdades morais e intelectuais desenvolvidas de outra maneira, com uma origem diferente. E a única causa adequada dessa origem só a podemos vislumbrar no universo invisível do Espírito” (WALLACE, 2012, p.420).

moderna, por exemplo, não foi obra de “gênios isolados” e nem “brotou de um vácuo social ou cultural” (MLODINOV, 2015, p.15), afinal houve grande influência dos gregos antigos, cresceu a partir de grandes questões formuladas pela religião, sofreu influência da arte, da alquimia e “teria sido impossível sem o progresso social que evoluiu desde o desenvolvimento das grandes universidades na Europa até invenções mezinhas, como os sistemas postais que passaram a ligar cidades e países vizinhos” (MLODINOV, 2015, p.15).

Compreendendo a relação intrínseca entre ciência e sociedade é importante a reflexão sobre a ética no trabalho científico. Segundo a Declaração de Budapeste (1999), elaborada durante a Conferência Mundial da Ciência de Budapeste, realizada pela UNESCO⁸ e ICSU⁹, a ciência deve ser exercida dentro de uma dimensão ética e entendida como um bem comum da humanidade e suas aplicações devem servir a propósitos humanitários através de uma cooperação mundial entre os cientistas.

Segundo Moreira Jr (2009), intelectuais e movimentos sociais, mais especificamente a partir da década de 1970, começaram a contestar a independência (ou autonomia) do trabalho científico-tecnológico e sua neutralidade. No entanto, devido a essas mesmas contestações diversos pesquisadores reafirmaram a autonomia e a neutralidade da ciência argumentando que se trata de uma “esfera diferenciada de produção de conhecimento” (MOREIRA JR, 2009, p.130). Shinn e Ragouet (2008), no livro *Controvérsias sobre a Ciência: por uma sociologia transversalista da atividade científica*, apresentam reflexões a respeito da controvérsia autonomia versus não-autonomia na ciência em relação a outros campos sociais bem como propõe uma superação, ou um diálogo (dialético), das duas versões (MOREIRA JR., 2009). Assim, de acordo com Moreira Jr. (2009), Shinn e Ragouet analisam tanto a autonomia e a especificidade das práticas científicas e tecnológicas como a contingência e a relatividade dessas práticas. Ainda nesse contexto, o filósofo da ciência Hugh Lacey (2003) questiona se há diferenças relevantes entre valores cognitivos e valores sociais, afirmando que os valores sociais podem ter grande influência em determinados momentos da pesquisa científica. Lacey (1998), ao tratar da questão “a ciência é livre de valores”?

⁸Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*).

⁹Conselho Internacional para a Ciência (*International Council for Science*).

destaca que tal indagação compreende três componentes: *imparcialidade*, *neutralidade* e *autonomia*. Aqui não iremos apresentar detalhadamente nem realizar ampla discussão nos seus pormenores de cada componente. Objetiva-se apenas uma apresentação rápida. Lacey (1998) nos explica cada um dos três componentes.

A *imparcialidade* é a concepção de que as teorias são corretamente aceitas apenas em virtude de manifestarem os valores cognitivos em alto grau, segundo os mais rigorosos padrões de avaliação e com respeito a uma série apropriada de dados empíricos [...] a imparcialidade implica que servir a determinados valores [...] é irrelevante para a legítima aceitação da teoria. A *neutralidade* estabelece que as teorias não implicam nenhum enunciado sobre valores e, em princípio, podem ser adotadas em práticas realizadas no interior de qualquer esquema de valor; além disso, a aceitação de uma teoria não tem nenhuma implicação para os valores fundamentais adotados. A *autonomia* afirma que as agendas da investigação científica são adaptadas e institucionalizadas pelo interesse em produzir teorias que manifestem imparcialidade e neutralidade e em descobrir novos fenômenos que favoreçam esse interesse (LACEY, 1998, p.133-134, grifos do autor).

A partir dessas definições acima podemos estabelecer também que a *imparcialidade* é uma abordagem que trata da aceitação das teorias, ou seja, as razões epistêmicas (ou cognitivas) para aceitar, ou não, as teorias; que a *neutralidade* trata das consequências da aceitação e das teorias aceitas; e a *autonomia* trata das características das práticas e das instituições científicas e das condições de investigação (LACEY, 1998). É relevante e necessário que analisemos cada um dos três componentes, citados acima por Lacey, nas teorias científicas propostas e aceitas, e também naquelas rejeitadas, a fim de compreendermos a isenção ou a inserção de valores (não-cognitivos ou não-epistêmicos) na atividade científica. O sociólogo estadunidense Robert K. Merton (1910-2003), considerado o fundador (ou um dos fundadores) da sociologia da ciência considera a questão da adesão a valores como um elemento crucial para a compreensão da atividade científica. A noção de comunidade científica é central para a análise da ciência como prática a partir de um conjunto de crenças, princípios e normas compartilhados por uma determinada coletividade (MERTON, 2013). Tal sociólogo defendia a relevância de se considerar as crenças e os valores institucionalizados como uma dimensão essencial a orientar as ações concretas dos cientistas.

Através do trabalho de Stephen Toulmin, Hanson, Paul Feyerabend, Thomas Kuhn e outros (muitos dos quais influenciados por Ludwig Wittgenstein), a história da ciência e, posteriormente, e concomitantemente, a sociologia e retórica da ciência

levaram ao reconhecimento de que fatores históricos, pessoais, culturais, e sociais estão dentro da ciência (MACHAMER; PERA; BALTAS, 2000). Essa perspectiva foca um novo conjunto de problemas, tais como: “mudança de teoria, incomensurabilidade, o progresso científico, a construção social dos fatos, a necessidade de persuadir, etc” e, portanto, o “reconhecimento desses fatores tornou evidente que a própria constituição do conhecimento científico é em si problemática e, por conseguinte, um objeto susceptível de controvérsia” (MACHAMER; PERA; BALTAS, 2000, p.6, tradução nossa). Afirmam esses autores também que a questão, enganosamente simples, de decidir o que vale a pena pesquisar se deve à mescla do social ou político com o epistemológico. Tais pesquisadores concluem da seguinte maneira a respeito da atividade científica e sua construção social:

Se o jogo da ciência não é mais jogado de maneira idealmente lógico entre um objetivo *h* e um absoluto *e*, e regulamentado por um árbitro neutro, mas um jogo vivo jogado por cientistas reais com interesses concretos em situações reais de investigação e influências culturais, então a ciência não pode mais aspirar a uma visão de mundo como um Deus [infallível]. O que a ciência diz sobre como o mundo é em certa época é afetado pelas ideias humanas, escolhas, expectativas, preconceitos, crenças e suposições apoiadas naquele momento. Neste contexto, a imagem da ciência elaborada por filósofos históricos e sociólogos fez mais justiça à ciência como realmente praticada do que as reconstruções racionais dos positivistas lógicos¹⁰. O novo programa descreve melhor a ciência (MACHAMER; PERA; BALTAS, 2000, p.6, tradução nossa).

O físico Roger G. Newton (1997), ao tratar da discussão referente à construção social da ciência, afirmou que o que o levou a escrever o livro *A Verdade da Ciência – Teorias Físicas e Realidade* fora a sua “irritação com o modo como um grupo de sociólogos, atualmente na moda, retrata a ciência e os seus resultados” (NEWTON, 1997, p.11). No capítulo 2 desse livro, intitulado “Ciência como construção social?”, Roger Newton faz críticas a sociólogos como Bruno Latour, por exemplo, e ao filósofo e historiador da ciência Thomas Kuhn. Roger Newton (1997), no subcapítulo “A Arrogância dos Sociólogos”, argumenta que

Uma pessoa não pode deixar de se maravilhar com a prontidão de um sociólogo para julgar e depreciar as momentosas realizações da ciência, no decurso do século XX, só porque entre os cientistas ativos, conduzindo as suas experiências e erigindo esta multifacetada e imponente estrutura, havia fortes, até mesmo acaloradas, discordâncias e reavaliações. Um dos erros principais que os

¹⁰ Grupo de pensadores (físicos, matemáticos, economistas, filósofos) que se encontrava em Viena (de 1907-1940) e que passou a ser chamado de Círculo de Viena. Discutia filosofia da ciência.

construtivistas sociais relativistas fazem [...] é assumir que, uma vez que os cientistas, no decurso do estabelecimento de fatos e teorias, se envolvem em controvérsias acaloradas em lugar de debates desapassionados, o resultado já não poderá ser determinado por qualquer realidade externa, não mais do que se fossem argumentos apaixonados entre políticos. Não admira que eles concluíam que a substituição da gravidade newtoniana pela einsteiniana [...] não tenha mais significado cognitivo do que a derrota eleitoral de um candidato republicano por um democrata [...]. Uma parte maioritária da responsabilidade pelo relativismo epistemológico, que agora permeia a sociologia da ciência, tem de ser atribuída à influência do falecido Thomas Kuhn (NEWTON, 1997, p.61).

Roger Newton (1997) não nega, em momento algum, a influência social na construção científica e nem que os cientistas vivem em comunidades, entretanto “afirmar que mudanças profundas nas teorias são somente determinadas por pressões sociais e pelos condicionalismos políticos dos cientistas, só traz obscurecimento à importante questão do [...] conhecimento científico” (NEWTON, 1997, p.62-63) e argumenta que “estes comentaristas [sociólogos da ciência] chegam a uma interpretação perversa e grotesca da ciência e negam à cogitação racional e ao raciocínio lógico, baseado em evidência empírica, o seu papel formal, crucial” (NEWTON, 1997, p.63). Aí o motivo fundamental responsável pela rejeição, por parte da maioria dos cientistas, de tais críticas perpretadas pelos sociólogos da ciência.

John Alcock (2001), um cientista evolucionista, já citado anteriormente, e crítico dos construtivistas sociais, não nega (assim como Roger Newton), em nenhum momento, a influência da cultura e da sociedade na atividade científica, o problema é o extremismo e o fato de não se refletir adequadamente sobre tais questões. Alcock (2001) esclarece o seu ponto de vista ao estabelecer que “nenhuma pessoa sensível argumenta que os cientistas são imunes às influências de sua cultura [...]. As pressões sociais exercem uma variedade de efeitos na pesquisa que fazemos” (ALCOCK, 2001, p.87, tradução nossa). No entanto, Alcock (2001) afirma que as influências exercidas pela cultura não ocorrem da maneira como defendem os construtivistas sociais e defende a fórmula “hipótese-teste-predição” para se chegar a um consenso, apesar das orientações teóricas diferentes.

Outro conhecido livro, escrito por dois físicos franceses, também para contestar, e corrigir conceitualmente, alguns sociólogos da ciência (e também os filósofos pós-modernos) e a sua visão construtivista social, foi *Imposturas*

Intelectuais – O Abuso da Ciência pelos Filósofos pós-Modernos, de Alan Sokal e Jean Bricmont, de 1999. A 1ª edição brasileira foi publicada em 2010. Esses cientistas contestam o relativismo pós-moderno, o qual sustenta a tese de que a verdade objetiva não passa de uma convenção social. As críticas foram endereçadas a Jacques Lacan, Bruno Latour, Félix Guattari, Gilles Deleuze e outros. Os autores justificam o porquê do livro:

O livro originou-se da farsa agora famosa que consistiu na publicação na revista americana de estudos culturais *Social Text*, por um de nós, de um artigo satírico cheio de citações sem sentido, porém infelizmente autênticas, sobre física e matemática, proferidas por proeminentes intelectuais franceses e americanos (SOKAL; BRICMONT, 2010, p.9).

Sokal e Bricmont (2010), assim como Roger G. Newton (1997), afirmam, naturalmente, que há influência do meio social na construção das atividades científicas e do conhecimento científico, entretanto rejeitam a visão do construtivismo social extremo, bastante comum, e defendida por muitos sociólogos e filósofos. Sendo assim, pensamos ser indispensável esclarecer ao aluno a visão do conhecimento científico como socialmente construído e apontar todas essas questões discutidas acima. Qual a intensidade da influência social? As pressões sociais influenciam ou determinam a atividade científica? As pressões sociais sobrepujam a razão? Ou o contrário? Há um equilíbrio entre os dois fatores? Quando que um terá maior influência sobre o outro? Tais apontamentos evidenciam a ciência como um processo dinâmico sofrendo (ou podendo sofrer) influência social e ideológica e rica em divergências. Reiteramos que a sociedade é influenciada pela ciência e que a ciência sofre influências da sociedade, entretanto é necessário que saibamos pesar e mensurar tais influências, para que tenhamos uma visão adequada das interferências de ambos os lados.

Egger e Carpi (2010), ao tratarem da natureza da ciência, listam 12 “conceitos-chaves”: 1) a ciência é um processo de investigação do mundo natural e o conhecimento gerado através desse processo; 2) os cientistas usam múltiplos métodos de pesquisa para estudar o mundo natural¹¹; 3) os dados coletados através da pesquisa científica tem que ser analisados e interpretados para serem utilizados como evidências; 4) as teorias científicas são explicações testáveis apoiadas por

¹¹ Não apenas o mundo natural, pois há também as ciências humanas e exatas.

múltiplas linhas de evidência; 5) o conhecimento científico evolui¹² com novas evidências e perspectivas; 6) a ciência se beneficia da criatividade, da curiosidade, da diversidade e da diligência dos indivíduos; 7) a ciência está sujeita a erros e vieses humanos; 8) a comunidade da ciência se empenha no debate e na mitigação dos erros humanos; 9) a incerteza é inerente à natureza, mas os cientistas trabalham para minimizá-la e quantificá-la na coleta e análise dos dados; 10) os cientistas valorizam a comunicação aberta e honesta em relatórios de pesquisa; 11) a ciência influencia e é influenciada pelas sociedades e pelas culturas nas quais opera; 12) a ciência é valiosa para os indivíduos e para a sociedade (EGGER; CARPI, 2010).

Lederman (2006) cita cinco argumentos (fornecidos por Driver, Leach, Millar e Scott, 1996¹³) que buscam responder de maneira concisa, do porque é importante compreender a natureza da ciência. Para esse autor a natureza da ciência refere-se ao “como” o conhecimento científico é desenvolvido. Os argumentos são: 1) *Utilitarismo*: entender a natureza da ciência é necessário para entender a ciência e gerenciar os objetos e processos tecnológicos na vida cotidiana; 2) *Democracia*: entender a natureza da ciência é necessário para realizar decisões informadas sobre questões sócio-científicas; 3) *Cultural*: entender a natureza da ciência é necessário para analisar o valor da ciência como parte da cultura contemporânea; 4) *Moral*: entender a natureza da ciência ajuda a desenvolver um entendimento das normas da comunidade científica que incorporam compromissos morais que são de valores gerais para a sociedade; 5) *Aprendizagem Científica*: entender a natureza da ciência facilita a aprendizagem das ciências (LEDERMAN, 2006).

Além disso, Lederman (2006) também destaca sete características da ciência que merecem estudo e análise: 1) a distinção entre observação e inferência; 2) a relação e a distinção entre leis científicas e teorias científicas; 3) o conhecimento científico como, pelo menos parcialmente, baseado e/ou derivado da imaginação¹⁴ e da criatividade¹⁵ humanas; 4) o conhecimento científico como

¹² Cabe destacar que alguns dos pontos destacados por Egger e Carpi (2010) podem ser controversos, por exemplo, quanto ao “conceito-chave 5”, pois esse conceito não é aceito por muitos filósofos da ciência, por compreenderem que não existe um progresso ou evolução do conhecimento científico, mas apenas explicações que servem a determinados contextos históricos.

¹³ DRIVER, R.; LEACH, L.; MILLAR, R., SCOTT, P. *Yong people's images of Science*. Buckingham, UK: Open University Press. 1996.

¹⁴A respeito da imaginação na elaboração de teorias ou explicações científicas Einstein (apud FREIRE-MAIA, 2007, p.113, grifo nosso) afirmou: “se o senhor [epistemólogo] quer estudar em qualquer dos físicos teóricos os métodos que emprega, sugiro-lhe firmar-se nesse princípio básico:

parcialmente subjetivo; 5) a ciência como um empreendimento humano praticado no contexto de uma cultura mais ampla e seus praticantes (os cientistas) como produtos dessa cultura; 6) o conhecimento científico como nunca sendo absoluto ou certo; 7) o conhecimento científico sendo empiricamente embasado (LEDERMAN, 2006).

Outro importante debate entre os filósofos e os cientistas, no que diz respeito à natureza da ciência, envolve a competência (ou capacidade) da ciência em compreender como o mundo realmente é. Para o filósofo da ciência Alan Chalmers (1993, p.212) a ciência não possui tal competência, pois, segundo ele, não há nenhum “conceito de verdade à altura da tarefa de caracterizar a ciência como uma busca pela verdade”. Partindo das palavras de Chalmers (1993), iremos destacar, brevemente, as duas concepções conflitantes a respeito da natureza da ciência: a Realista (Realismo científico) e a Antirrealista (Antirrealismo científico). Naturalmente, não há uma definição única para cada concepção, pois há variações de entendimento ou versões para cada posição defendida. Aqui oferecemos um relato bastante breve da questão ao apresentar alguns argumentos das duas posições, através dos filósofos Bas C. van Fraassen (Antirrealista) e Karl R. Popper (Realista). Apesar de existirem diferentes versões de cada posição, a ideia básica nos parece clara:

Os realistas defendem que o objetivo da ciência é fornecer uma descrição verdadeira do mundo [observável e inobservável]. Antirrealistas defendem que o objetivo da ciência é fornecer uma descrição verdadeira de uma certa *parte* do mundo – a parte ‘observável’” (OKASHA, 2002, p.59, tradução nossa, grifo do autor).

Segundo Okasha (2002, p.59, tradução nossa), “com relação às ciências como a paleontologia, realistas e antirrealistas não discordam”, pois essa parte do mundo, a paleontologia (os fósseis), é a parte observável¹⁶. Entretanto, quando se

não dê crédito algum ao que ele diz, mas julgue aquilo que produziu! Porque o criador tem esta característica: as produções de sua **imaginação** se impõem a ele, tão indispensáveis, tão naturais, que não pode considerá-las como imagem do espírito, mas as conhece como realidades evidentes”.

¹⁵Charles Darwin, na sua autobiografia, cita algumas características que o levaram ao sucesso como um homem de ciência, uma delas é a criatividade. Diz ele: “o meu sucesso como homem de ciência, qualquer que tenha sido seu tamanho, tanto quanto posso julgar, foi determinado por qualidades e estados mentais complexos e diversificados. Dentre eles, os mais importantes foram: o amor pela ciência, a paciência ilimitada na longa reflexão sobre qualquer assunto, o empenho na observação e na compilação de fatos, e uma dose razoável de **criatividade** e bom senso (DARWIN, 2000, p.126-127, grifo nosso).

¹⁶Seguindo essa discussão há também o debate na filosofia da ciência que trata do problema relacionado ao que é observável e ao que é inobservável. Como distinguir uma coisa da outra? Onde

trata das ciências físicas, por exemplo, discordam. Muitas teorias físicas tratam da parte *inobservável* do mundo. Para os antirrealistas as entidades inobserváveis tais como elétrons são “meramente ficções convenientes” que auxiliam os físicos a “predizerem fenômenos observáveis” (OKASHA, 2002, p.60, tradução nossa).

O realismo envolve a noção de verdade. Assim sendo, para os realistas¹⁷ científicos a ciência é capaz de realizar descrições *verdadeiras* de como o mundo realmente é (CHALMERS, 1993). Ou seja, uma teoria é considerada verdadeira se o seu conteúdo corresponde ao mundo (verdade por correspondência), à natureza ou as coisas das quais ela fala. Ou seja, as teorias científicas são aproximações da realidade ou da verdade (relatos aproximados de como o mundo é). Para o realista científico, as teorias científicas possuem um valor-de-verdade; as entidades inobserváveis como elétrons, por exemplo, de fato existem (ou podem existir), apenas são inobserváveis.

Bas van Fraassen (1941-atual), filósofo holandês e professor da Universidade do Estado de São Francisco (EUA), defende a posição do antirrealismo, pois para ele essa posição exige que as teorias científicas apresentem um relato verdadeiro apenas da porção *observável* do mundo, e não da inobservável. Bas van Fraassen (2007) também intitula essa posição de empirista (ou empirista construtiva ou empirismo construtivo). Van Fraassen (2007) utiliza o termo “construtivo”, pois defende a atividade científica como sendo uma atividade de construção e não de descoberta, isto é, “construção de modelos que devem ser adequados aos fenômenos, e não descoberta da verdade sobre o que é *inobservável*” (VAN FRAASSEN, 2007, p.22, grifo nosso). Segundo Van Fraassen (2007), o realismo científico defende a ideia de que “a ciência visa dar-nos em suas teorias um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é, e a aceitação de uma teoria científica envolve a crença de que ela é verdadeira” (VAN FRAASSEN, 2007, p.27), isto é, a ciência *objetiva fazer* um relato verdadeiro de como o mundo é.

se encontra a fronteira ou o limite entre as duas ideias? Aquilo que apenas pode ser observado através de instrumentos (microscópios) é observável ou inobservável? Van Fraassen (1985) defende uma visão antropocêntrica, ou seja, só é observável aquilo que pode ser visto sem o uso de instrumentos. Já o filósofo Ian Hacking (1985), defende que tudo o que pode ser observado com o uso de instrumentos é observável.

¹⁷ Não há uma única definição de realismo e de antirrealismo a respeito das teorias científicas, portanto é preciso que se caracterize com precisão essas duas doutrinas. Essa dissertação pretende apenas transmitir uma ideia muito breve de tal discussão. Para discussões mais aprofundadas consultar DUTRA (2003), CHALMERS (1993), OKASHA (2002) e, fundamentalmente, as obras primárias, isto é, os escritos dos próprios autores.

Segundo Dutra (2003, p.30), “os realistas assumem uma concepção da verdade como correspondência, ou seja: uma teoria é verdadeira se o que ela diz corresponde ao mundo ou às coisas das quais ela fala”. Expondo novamente as duas posições, segundo Van Fraassen (2007), para melhor esclarecê-las:

O **realismo científico** é a posição de que a construção de teorias científicas visa nos dar um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é e de que a aceitação de uma teoria científica envolve a crença de que ela é verdadeira. De maneira equivalente, o **antirrealismo** é a posição segundo a qual o objetivo da ciência pode bem ser atendido sem fazer tal relato verdadeiro, e a aceitação de uma teoria pode, de modo apropriado, envolver algo a menos (ou diferente) que a crença de que ela é verdadeira (VAN FRAASSEN, 2007, p.30, grifo nosso).

Van Fraassen (2007) também defende, assim como os realistas científicos, que a linguagem da ciência deve ser compreendida ou interpretada literalmente¹⁸, no entanto não significa que seja necessário acreditar que as boas teorias sejam verdadeiras nem que as entidades que elas postulam existam de fato, que sejam reais. Ou seja, para Van Fraassen (2007, p.33), a “ciência visa dar-nos teorias que sejam empiricamente adequadas; e a aceitação de uma teoria envolve, como crença, apenas aquela de que ela é empiricamente adequada [capaz de prever corretamente os fenômenos]”.

Para Van Fraassen (2007), dizer que uma teoria é “empiricamente adequada” significa afirmar que ela “salva os fenômenos”, ou seja, “se é verdadeiro o que ela diz sobre as coisas *observáveis* e eventos no mundo” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 34, grifo nosso). Explicando melhor. Afirar que uma teoria é empiricamente adequada significa que “tal teoria possui pelo menos um modelo tal que todos os fenômenos reais a ele se ajustam” (VAN FRAASSEN, 2007, p.34). Van Fraassen (2007) denomina sua doutrina de *empirismo construtivo*, pois os programas de pesquisa científicos não são programas de descobertas sobre o mundo, como defende o realista científico, mas sim programas de construção de modelos que sejam empiricamente adequados, ou seja, os modelos que os cientistas constroem devem ser adequados aos fenômenos, mas não verdadeiros em relação às entidades (ou coisas) *inobserváveis*. Portanto, para Van Fraassen (2007), a ciência é uma atividade de construção de modelos que não precisam ser

¹⁸ “Não é tão fácil saber o que se quer dizer com uma interpretação literal. O problema de explicar a expressão ‘interpretação literal’ pertence à filosofia da linguagem” (VAN FRAASSEN, 2007, p.31).

verdadeiros nem que retratem a realidade, mas que devem apenas ser adequados empiricamente (capazes de prever corretamente os fenômenos). Para o antirrealismo científico as teorias não são consideradas nem verdadeiras nem falsas, são avaliadas segundo sua capacidade de fazer previsões corretas, ou seja, as teorias não são mais do que ferramentas ou instrumentos de previsão e, a isso, dá-se o nome de *instrumentalismo* (DUTRA, 2003).

Para o realismo científico as teorias não são meros instrumentos de previsão, ou seja, “sendo aproximadamente verdadeiras (relatos aproximados de como o mundo é), elas podem, obviamente, ser também bons instrumentos de previsão” (DUTRA, 2003, p.36-37). Em outras palavras, “se uma teoria científica é um bom instrumento de previsão, é porque ela é aproximadamente verdadeira” (DUTRA, 2003, p.37). Isto é, quanto mais acurada for a previsão, maior valor de verdade (ou mais próxima da verdade ou maior a verossimilhança) possui a teoria e, dessa maneira, o realista científico nega o instrumentalismo.

Karl Raimund Popper (1902-1994), filósofo da ciência austríaco, conhecido pela sua teoria do falseacionismo, é um realista científico¹⁹, defensor, portanto, da verdade como correspondência (DUTRA, 2003). Apesar da sua posição como um realista científico, o seu realismo difere do essencialismo (radicalismo radical) onde o cientista poderia provar, sem qualquer dúvida (pois conheceria a essência das coisas), a verdade de uma teoria. A respeito da busca da verdade pela ciência, Popper (1999) nos diz que “nossas teorias conjecturais tendem progressivamente [por meio de refutações] a chegar mais perto da verdade, isto é, de descrições verdadeiras de certos fatos ou aspectos da realidade” (POPPER, 1999, p.48). Popper diz abraçar a ideia de verdade do matemático e lógico polonês Alfred Tarski²⁰ (1901-1983): “acredito na verdade ‘absoluta’ ou ‘objetiva’, no sentido de Tarski²¹” (POPPER, 1979, p.69, grifos do autor). Para Popper, a busca da verdade é o objetivo da ciência.

¹⁹ Popper (1999, p. 47-48) prefere chamar o realismo científico de realismo “metafísico”, pois o considera indemonstrável e, aparentemente, não testável.

²⁰ Tarski é considerado por alguns pensadores como um dos maiores lógicos de todos os tempos.

²¹ Segundo Dutra (2003), a interpretação que Popper faz de Alfred Tarski ao dizer que tal filósofo defende a concepção de verdade como correspondência é controversa, pois para alguns autores a concepção de verdade de Tarski seria, na filosofia da linguagem, a concepção *semântica* (a verdade é uma propriedade das sentenças; e não a verdade *por correspondência*). Popper diz a respeito da teoria da verdade de Tarski: “sendo eu um realista de senso comum crítico [...] interessava-me grandemente o que me parecia um aspecto realista da teoria da verdade de Tarski, aspecto cuja existência, suspeito, ele pode negar. A teoria de Tarski, como todos sabem e como ele acentuou primeiramente, é uma *reabilitação* e uma elaboração da teoria clássica de que a verdade é a

O falseacionismo de Popper defende que a experiência não pode dar, necessariamente, garantias de que uma teoria seja verdadeira, entretanto ela pode (nem sempre, ou algumas vezes) nos mostrar que uma teoria é falsa. Daí o nome *falseacionismo*. Em outras palavras, saberemos quando erramos, e não quando acertamos. Saberemos não como o mundo é, mas como o mundo não é. Para Popper, conhecer o mundo real, a verdade, é, portanto, um processo que se desenvolve de maneira negativa (através de negações). O avanço ou progresso da ciência para Popper, isto é, uma maior aproximação da verdade (de como o mundo é), ocorre por refutações (quando hipóteses ou conjecturas são rejeitadas ou falseadas). Como afirma Dutra (2003), a respeito de Popper, é exatamente pelo fato de “esbarrarmos” no mundo real que podemos dizer que uma conjectura (hipótese ou teoria) foi refutada.

Pelas discussões realizadas até aqui percebemos a dificuldade em estabelecer uma definição de ciência. Assim, não se tem uma definição restrita do conceito de ciência contemporânea, mas, podem-se ressaltar algumas características do conhecimento científico: sistematização, criticidade, dinamismo e historicidade (MEGLHIORATTI; CALDEIRA; BORTOLOZZI, 2005). Compreendemos o quão prolífico e plural são as discussões e definições referentes à ciência e a sua natureza. Dessa maneira, consideramos de grande relevância o estudo dessas questões na Educação Básica e no Ensino Superior. Afinal não é possível compreender adequadamente a ciência (no sentido de “corpo de conhecimento”) sem compreender de que maneira acontece a construção da ciência (no sentido de quais “processos” e “mecanismos” são utilizados para se construir o “corpo de conhecimento”).

Uma das características inerentes da atividade científica é a presença constante de discussões, disputas, polêmicas, debates, contendas, discordâncias, divergências e/ou controvérsias científicas. As definições e compreensões desses termos variam segundo cada pesquisador e filósofo da área, podendo ser utilizados como sinônimos, semelhantes ou diferentes. Apresentaremos, nesse trabalho, algumas definições tradicionais (ou clássicas) do conceito de “controvérsias científicas”, alguns entendimentos por parte de alguns pesquisadores da área e utilizaremos, para realizar a análise da controvérsia científica (interação polêmica)

correspondência com os fatos; e isto, para *mim*, parece apoiar o realismo metafísico [científico]” (POPPER, 1999, p.297, grifos do autor).

White-Sarmiento no capítulo dois, especificamente as definições oferecidas pelo filósofo Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006) apresentadas brevemente no item 1.2 e detalhadamente no item 1.2.2.

Para uma melhor compreensão das controvérsias científicas é necessário que analisemos o período histórico no qual tais polêmicas estão inseridas, isto é, adentrarmos na história da ciência (HC) é indispensável. Assim sendo, esse trabalho de pesquisa se concentrará na importância das controvérsias científicas para a construção do conhecimento científico, pois como afirma Silver (2008), a essência da ciência é conflituosa, dialética e contraditória.

1.2. HISTÓRIA DA CIÊNCIA E AS CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS (INTERAÇÕES POLÊMICAS)

A história da ciência (HC) está repleta de episódios de contendas, discordâncias, divergências, controvérsias e polêmicas entre os cientistas. Nesse momento, ao falarmos em “controvérsias científicas” estamos utilizando a definição ou conceito de Narasimhan (2001). Para esse pesquisador, uma controvérsia científica é “uma disputa realizada publicamente e persistentemente mantida, que se refere a uma questão de convicção [ou opinião] considerada significativa por um número de cientistas praticantes” (NARASIMHAN, 2001, p.299, tradução nossa). Baseando-nos em Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006), mas sendo nossa interpretação, consideraremos o termo *controvérsia científica* como sinônimo (ou algo muito próximo) de *interação polêmica* (esse criado por Dascal). Para Dascal (1994), o termo *controvérsia* significa um tipo de interação polêmica, isto é, há três tipos de controvérsias científicas (ou interações polêmicas) e um dos três tipos é a *controvérsia*, um termo bastante importante para esse trabalho. Esse conceito logo a frente será melhor explicado.

Segundo Futuyama (2009, p.10), “a história da ciência está cheia de exemplos de conclusões que tiveram que ser modificadas ou rejeitadas”. As controvérsias científicas exercem grande papel para que ocorram essas modificações e rejeições, afinal elas estimulam investigação adicional e novos programas de pesquisa. Ridley (2006, p.123), ao apresentar o capítulo que aborda assuntos sobre a genética evolutiva afirma o quão importante para a ciência, e

nesse caso para os estudos em evolução molecular, é a existência das controvérsias, discussões e discordâncias científicas:

O Capítulo 7 analisa as contribuições relativas da deriva aleatória e da seleção natural para a evolução molecular. A discussão [controvérsia] sobre suas contribuições relativas tem estimulado um dos programas de pesquisa mais valiosos na biologia evolutiva (RIDLEY, 2006, p.123).

O mesmo pode ser dito para as discussões e polêmicas recentes (após os anos 2000) relativas à proposta da nova síntese evolutiva ou chamada *Síntese Evolutiva Estendida (SEE)*²², a qual tem estimulado novas pesquisas (ou novos programas de pesquisa). As controvérsias científicas, em decorrência do fato de estimularem investigação adicional e novos programas de pesquisa podem fazer com que hipóteses aceitas, nas palavras de Futuyma (2005, p.526), sejam “alteradas, expandidas ou rejeitadas se evidências posteriores garantirem que isso aconteça, ou se uma melhor hipótese, ainda não imaginada, é inventada”.

Para Dascal (1994), a ciência, numa perspectiva histórica, se apresenta claramente como uma sequência de controvérsias evidenciando a importância de conhecer as controvérsias científicas (interações polêmicas) para que possamos compreender de que maneira as teorias científicas foram elaboradas, avaliadas, aceitas ou rejeitadas. Dascal (1994, p.78) afirma que “nas controvérsias é onde se exerce a atividade crítica, se constitui dialogicamente o sentido das teorias, se produzem as mudanças e inovações, e se manifesta a racionalidade ou irracionalidade do empreendimento científico”. A presença das controvérsias é o estado natural da ciência (DASCAL, 1994).

A partir da última frase citada no parágrafo anterior, a respeito da presença das controvérsias científicas constituírem o “estado natural” da ciência poderíamos perguntar: As controvérsias científicas são, portanto, ‘essenciais’, ‘necessárias’ ou ‘desejáveis’ para a ciência? Quero dizer, as controvérsias científicas *têm que*

²² A SEE é defendida por um grande grupo de biólogos tendo o pesquisador Kevin Laland como um dos líderes. Esse grupo defende que são necessárias mais pesquisas em quatro fenômenos: *plasticidade fenotípica, construção de nicho, herança inclusiva (epigenética herdada e assimilação genética)* e *viés desenvolvimentista*. Também alegam que as evidências existentes (em boa quantidade) estão sendo negligenciadas, além de atacarem o enfoque “gene-cêntrico” da maior parte das pesquisas evolutivas. O outro grupo de biólogos, que não ve necessidade de criar uma nova síntese, tendo Gregory Wray (2014) como um dos líderes, responde à Laland e colegas que os fenômenos evolutivos defendidos por Laland e seus colegas já estão bem integrados na biologia evolutiva, mas são necessárias mais pesquisas e mais evidências, além de defender a visão gene-cêntrica como fundamental nas pesquisas evolutivas (NATURE, 2014).

acontecer? Naturalmente, pois as controvérsias científicas estimulam investigação adicional e novos programas de pesquisa, evitam a doutrinação de uma única ideia, estimulam a argumentação e o raciocínio (para analisar a argumentação) e são importantes para a formação, evolução²³ e avaliação de teorias. Contudo, não estamos defendendo, necessariamente, a ideia de que seja “necessário” e “desejável” que todas as discordâncias se mantenham ou de que elas tenham que acontecer, ou seja, de que as discordâncias não sejam eliminadas ou, ao menos, reduzidas e de que, portanto, não seja “desejável” se atingir um consenso. Afinal, o objetivo final é o consenso (entendendo consenso como uma hipótese/teoria amplamente aceita pela comunidade científica mundial, uma concordância geral obtida, após crítica séria e honesta, em relação a uma resposta mais adequada para um conteúdo empírico, uma teoria científica etc.). Ainda, ao se atingir um consenso, não significará, necessariamente, que tal controvérsia tenha sido resolvida no sentido de os contendentes terem concordado em virtude da resposta aceita ser a mais correta. A controvérsia científica pode apenas ter chegado a um consenso por negociação e ser suspensa temporariamente.

A constatação de Dascal (1994) de que a ciência é uma sequência de controvérsias científicas e de que tais controvérsias existem (e de que, provavelmente, sempre existiram) não significa que todas essas controvérsias foram e são desejáveis e necessárias. Defendemos que as discordâncias sérias e intelectualmente honestas devam existir sempre, pois à medida que elas são apresentadas, novas investigações e novos esclarecimentos são perseguidos e um consenso “mais adequado” provavelmente será atingido. “Uma ciência sem controvérsia [científica] é uma ciência sem progresso”, argumenta Jerry Coyne (2014, p.270). No século XIX os próprios cientistas discordavam quanto ao fato científico da evolução biológica. Após Darwin (mas não apenas Darwin) e nas décadas seguintes tal discordância foi sepultada e o consenso surgiu. Dascal (1994) argumenta que as discordâncias científicas são de enorme importância, até mesmo indispensáveis, para a formação, evolução e avaliação de teorias (científicas). Segundo ele, é nas discordâncias que se exerce a crítica séria, “aquela que pode gerar, melhorar e controlar, seja a ‘boa estruturação’, seja o ‘conteúdo empírico’ das

²³ Aqui o significado do vocábulo “evolução” (melhoria) não é o mesmo daquele utilizado na biologia.

teorias científicas” (DASCAL, 1994, p.77, grifos do autor). É essa **crítica séria** que advogamos e que deve existir na atividade científica.

Cada área estimula discordâncias específicas que devem ser analisadas também especificamente, ou seja, cada área com suas especificidades. Com investigações adicionais, devido às novas tecnologias, por exemplo, as discordâncias foram sendo reduzidas (em determinadas áreas), no entanto novas áreas também surgem e naturalmente surgem novas discordâncias. Em suma, as discordâncias científicas são, em geral, fundamentais. Assim que as controvérsias científicas surgem os cientistas, em geral, procuram reduzi-las para se atingir um consenso, em seguida outras discordâncias surgem (ou até as mesmas, pois não foram resolvidas adequadamente, por exemplo) e novas tentativas de resolvê-las aparecerão. Assim, a relação entre discordâncias científicas e a busca de consenso tem a forma geométrica de um círculo (operando como um ciclo). Futuyma (2009, p.11) argumenta que “cada disciplina científica é cheia de controvérsias e batalhas intelectuais entre os proponentes de hipóteses contrárias”. Ele elucida ainda mais a questão ao dizer que “existe competição [...] entre as ideias [...] e evidências e análises cada vez mais rigorosas, até que mesmo os mais intransigentes céticos sejam conquistados por uma visão de consenso (ou até que eles morram)” (FUTUYMA, 2009, p.11, grifo nosso). Nessa fala de Douglas Futuyma percebemos a importância das “batalhas intelectuais” em cada disciplina e que algum consenso será atingido em um dado período histórico.

Alcock (2001) argumenta que

Quando há diferenças de opinião sobre a validade de explicações rivais, os cientistas conseqüentemente **alcançam um consenso** por confiar no uso repetido da fórmula “**hipótese-predição-teste**” a fim de resolver qual conclusão é provavelmente correta e qual outra pode ser seguramente descartada (ALCOCK, 2001, p.89, tradução nossa, grifo nosso).

Percebemos através da história da ciência que mudanças teóricas importantes tais como aquelas promovidas por Copérnico e Darwin ocorreram sob muita controvérsia. Entretanto, em outros períodos históricos não fica tão evidente o papel das controvérsias científicas. Por exemplo, segundo o filósofo da ciência Wesley C. Salmon (2000), a controvérsia científica a respeito dos quasares²⁴

²⁴ Originalmente chamados de *fontes de rádio quase-estelar* (*quasi-stellar radio sources*), os quasares são objetos astronômicos distantes e poderosamente energéticos.

(descobertos em 1963), sua causalidade e geometria, não acontecera, mas deveria ter acontecido (SALMON, 2000). Salmon (2000) diz não ter resposta do porque a controvérsia não ocorreu: “[...] nenhuma controvérsia genuína surgiu durante os últimos 40 anos em relação ao tamanho dos objetos celestes variáveis. Eu não tenho uma resposta para essa questão” (SALMON, 2000, p. 266, tradução nossa). Tal alegação de Salmon (2000) foi por nós citada apenas para demonstrar o quão difícil e complexo é analisar a origem (e a não origem) e a resolução das controvérsias científicas.

Torna-se imprescindível para uma educação científica adequada compreender os processos de construção científica, isto é, compreender como ocorre a construção da ciência, como surjem as hipóteses, como essas mesmas hipóteses são aceitas ou rejeitadas pela comunidade científica, como as hipóteses podem se tornar programas de pesquisa e qual o papel das controvérsias científicas em todo esse processo. Para tanto, Matthews (1995) e Meghioratti, Caldeira e Bortolozzi (2005) sugerem a utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Ciências como auxiliares na compreensão dos mecanismos pelos quais a ciência é elaborada e para a compreensão da Natureza da Ciência.

Para Meyer e El-Hani (2005) sem as discordâncias não haveria avanço no conhecimento. Conhecer a ciência é conhecer a existência indissociável das controvérsias. Também Silver (2008, p.13), ao falar da natureza da ciência, destaca a presença das controvérsias:

[...] a tentativa de explicar o universo físico tem sido caracterizada por perpétuo conflito. Teorias estabelecidas têm sido continuamente modificadas ou violentamente descartadas, e, como na história da arte e da música, inovações tendem a ser ridicularizadas, apenas para se tornarem, no devido tempo, o novo dogma. A luta entre o velho e o novo raramente tem sido nobilitante. Cientistas veem em muitas cores, e o verde da inveja e a púrpura da raiva são tonalidades da moda. A essência da história da ciência tem sido o conflito (SILVER, 2008, p.13).

É importante destacar que nem sempre um consenso na comunidade científica é atingido, sendo, muitas vezes, diferentes ideias aceitas para diferentes contextos. Os valores, as crenças e a filiação teórica constituem um importante papel para o funcionamento da ciência. Como Jablonka e Lamb (2010) afirmam, em toda esfera de conhecimento há controvérsias e a ciência não é exceção. Elas

destacam que os cientistas não são pessoas nem desapaixonadas nem imparciais ao discutirem teorias, sendo essa uma visão enganosa.

A paixão e o fervor acompanham todas as boas discussões científicas. Isso fica ainda mais evidente quando a discussão se dá em torno de algo como a teoria da evolução, que diz respeito à história humana [...] tais discussões [...] esbarram em julgamento morais e questões éticas, podem ser muito emotivas, além de intelectualmente empolgantes (LAMB; JABLONKA, 2010, p.23).

Jerry Coyne (2014) afirma claramente que a biologia evolutiva está repleta de controvérsias científicas e que, ao invés de enfraquecer a teoria evolutiva, tais controvérsias indicam que se está num campo próspero e dinâmico e o fator que move a ciência é a ignorância:

De que maneira exatamente funciona a seleção sexual? As fêmeas selecionam os machos com bons genes? Em que medida a flutuação genética (como algo oposto à seleção natural ou sexual) participa da evolução das sequências de DNA ou dos traços dos organismos? Que fósseis de homínídeos estão na linha direta do *Homo sapiens*? O que provocou a “explosão” de vida no Cambriano? [...] Os críticos da evolução [biológica] apoderam-se dessas controvérsias [científicas], argumentando que elas mostram haver algo errado com a teoria da evolução. Mas isso é enganoso. Não há discordância de biólogos sérios a respeito das principais afirmações da teoria evolucionista [...] longe de desacreditar a evolução, as “controvérsias” [científicas] são, na verdade, indicação de que estamos num campo dinâmico e próspero. O que move a ciência adiante é a ignorância. O debate e o teste de teorias alternativas por meio de observações e experimentos. Uma ciência sem controvérsia [científica] é uma ciência sem progresso²⁵ (COYNE, 2014, p.270).

Narasimhan (2001, p. 299, tradução nossa) define controvérsia científica (ou apenas controvérsia, mas no âmbito da ciência) como “uma disputa realizada publicamente e persistentemente mantida, que se refere a uma questão de convicção [ou opinião] considerada significativa por um número de cientistas praticantes”. Para o autor, essa definição gera três consequências (ou implicações): 1) uma controvérsia científica é uma questão histórica, e não de momento ou de curto tempo e “sua análise é principalmente a tarefa de um historiador”; 2) uma controvérsia científica estimula os participantes a demonstrar o quanto suas afirmações epistêmicas são bem fundamentadas; 3) uma controvérsia científica exige, obrigatoriamente, o envolvimento ativo da comunidade científica e configura-

²⁵ Nesse trabalho não discutiremos a questão de se há ou não progresso científico (o que poderá ser feito em trabalho posterior), apenas destacaremos que há as duas posições, citando brevemente alguns cientistas e ou filósofos que a defendem ou que a contestam.

se em um evento público. A característica de período prolongado de uma controvérsia científica lhe confere a dimensão histórica, enquanto que a participação da comunidade científica confere-lhe a fundamental dimensão social. Caracteriza-se também, obviamente, como um evento cognitivo devido ao confronto de alegações epistêmicas e é esse conjunto de forças que faz a ciência se desenvolver (NARASIMHAN, 2001). Vale lembrar que esse desenvolvimento não necessariamente ocorre de forma linear, ininterrupta, sem retrocessos ou para melhor.

Segundo McMullin (1987), para que uma discordância se configure em uma controvérsia científica faz-se necessário um debate sustentado por ampla comunidade científica. Em outras palavras, um número significativo de pessoas deve estar ativamente envolvido na investigação que aborda a controvérsia ao longo do tempo. McMullin (1987, p.53, tradução nossa) diz que para podermos afirmar que uma controvérsia científica existe é necessário que “parte substancial da comunidade científica veja algum mérito em ambos os lados do desacordo público. Isso pode nos ajudar a decidir quando a controvérsia [científica] inicia ou termina”. Não importa qual o conteúdo do desacordo, os cientistas envolvidos compartilham alguns conhecimentos fundamentais e concordam que vale a pena se preocupar com o assunto (EGGER; CARPI, S.d.). Para Egger e Carpi (S.d.), uma controvérsia científica envolve desacordos sobre como os dados devem ser interpretados, sobre quais ideias são melhores apoiadas pela evidência disponível e sobre quais ideias valem a pena investigar mais profundamente. Além do mais, as controvérsias científicas podem funcionar como um catalisador, provocando um exame cuidadoso dos dados e levando à investigação adicional, o que pode levar a uma rejeição, modificação ou maior sustentação das hipóteses e teorias vigentes (EGGER; CARPI, S.d.).

Para Sagan (2006, p.51), os encontros científicos são ricos em controvérsias e é comum o sentimento do cientista “de propriedade em relação a suas ideias e descobertas”, o que dificulta, muitas vezes, o seu abandono e a adoção de ideias mais adequadas às novas evidências e contextos. Grupos de pesquisadores, em geral, se apoiam em determinadas filiações teóricas e buscam apoiar suas ideias. Reis (2009, p. 10) aponta que:

A instituição científica possui uma cultura fortemente baseada na racionalidade, na confiança e na cooperação. No entanto, esta mesma instituição também é consideravelmente competitiva e conflituosa. A história da ciência é marcada por controvérsias intelectuais e conflitos sociais entre grupos de cientistas. Cada um dos grupos tenta produzir argumentos que aumentem a credibilidade da sua própria teoria e diminuam a credibilidade da teoria dos seus oponentes. Procuram, assim, as mais pequenas evidências que possam contrariar as hipóteses das quais discordam. Mas é no meio destas controvérsias científicas – internas e restritas à comunidade científica – que emerge o conhecimento organizado característico da ciência (REIS, 2009, p.10).

Contudo, para que se compreenda uma controvérsia científica, é indispensável que se examine, segundo Carvalho (2013, p.127), “a natureza das diferenças que separam os proponentes dos dois lados da contenda” e além de realizar a análise da lógica e dos experimentos que geram as controvérsias científicas, é necessário examinar “as técnicas de argumentação persuasiva que se desenvolvem no interior dos grupos que constituem as comunidades científicas de cada época” (CARVALHO, 2013, p.127).

Compreende-se que as divergências e a busca de sistematização de ideias para apoiar determinadas argumentações fazem parte da constituição da ciência. Contudo, o desconhecimento a respeito do funcionamento da ciência leva os cidadãos a identificarem a controvérsia sobre determinados temas científicos e o desacordo entre os cientistas como sintomas de debilidade, afetando fortemente a sua credibilidade na ciência. Essa é uma compreensão equivocada da ciência, uma vez que, a ciência (e a tecnologia) está fortemente associada à controvérsia (REIS, 2009).

McMullin (1987), classifica em epistêmicos (ou científicos) e não-epistêmicos (não-científicos ou extra-científicos) os fatores presentes nas controvérsias científicas. Os fatores epistêmicos são os argumentos utilizados pelo cientista e que são encontrados em suas publicações e nos relatórios de observações e experimentações. São chamados epistêmicos, pois fazem parte da estrutura do conhecimento que os cientistas estão apresentando e, portanto, consideram relevantes para o mérito do caso que estão debatendo. Quanto aos fatores não-epistêmicos, aqueles fatores que não envolvem estrutura cognitiva nem observação aliada à experimentação, podemos citar: traços de personalidade, pressões institucionais e influências políticas. Esses fatores podem afetar direta, ou

indiretamente, o andamento (origem e término) da controvérsia científica. Esse ponto de vista é apoiado por Hellman (1999) ao destacar que os cientistas não são imunes às paixões violentas e a comportamentos emotivos sofrendo, portanto, influência de fatores externos: sociais e culturais, ou seja, os fatores não-epistêmicos. Identifica-se, portanto, fatores epistêmicos e não-epistêmicos na composição das diferentes controvérsias científicas. No tópico a seguir, serão discutidos mais detalhadamente elementos que se inserem dentro desses dois tipos de fatores.

1.2.1. Origem e Resolução das Controvérsias Científicas (Interações Polêmicas)

Ao examinar a dimensão temporal das controvérsias científicas, nota-se que cada controvérsia tem um fundo (conteúdo), um começo, um estágio intermediário de troca ativa e um fim (NARASIMHAN, 2001). Entretanto, o que gera uma controvérsia científica? Qual a sua causa? As causas geradoras das controvérsias científicas podem ser (e frequentemente o são) muitíssimo diversas: evidências científicas insuficientes; discordâncias de metodologia de coleta, de análise e de interpretação de dados; disputas e ambições (e obsessões) acadêmicas exageradas por hierarquia ou por reconhecimento; adesão a ideologias diferentes (compromissos ideológicos); adesão a tradições ou escolas diferentes de pesquisa - em determinados momentos podem existir várias explicações diferentes para o mesmo fenômeno; causas sociais, culturais, políticas, religiosas e filosóficas que podem atuar como fatores determinantes ou, ao menos, influentes, na geração de uma controvérsia científica (BARBER, 1961; MAYR, 2008). De modo complementar Machamer, Pera e Baltas (2000) entendem que uma controvérsia científica pode se originar quando uma nova alegação não se encaixa no *Endoxa*²⁶ aceito e a comunidade científica não pode negligenciá-la.

Em relação à finalização, término ou resolução, das controvérsias científicas, McMullin (1987, p.53, tradução nossa) afirma que as finalizações dessas controvérsias “podem ser tão diferentes em suas causalidades como qualquer ação

²⁶ O *Endoxa* são aquelas alegações, afirmações, teorias ou crenças que são aceitas ou tidas como verdadeiras pela maioria, se não por todos os membros da comunidade ou, entre eles, pelos mais influentes ou respeitáveis (os líderes ou os especialistas) (MACHAMER; PERA; BALTAS, 2000).

humana complexa”. Assim, não se pode avaliar o mérito dos argumentos apresentados por ambos os lados deixando de lado questões de personalidade e de contingência histórica (MCMULLIN, 1987). Desse modo, segundo Pessoa (2012, p.3), os argumentos usados nas controvérsias podem envolver “críticas de natureza filosófica e sociológica”. McMullin (1987) adverte que qualquer análise de uma controvérsia científica que não aborde, ou mesmo que aborde superficialmente, a realidade histórica onde a controvérsia científica se passou, será incompleta. O autor ainda alerta que “uma controvérsia pode terminar, por exemplo, porque alguém não leu um determinado livro, que deveria ter lido, ou porque um órgão do governo suspendeu as verbas de um projeto de pesquisa” (MCMULLIN, 1987, p.53, tradução nossa). Até mesmo o *status* do pesquisador pode ter um papel decisivo, assim, um cientista apenas por ser bem reconhecido na comunidade acadêmica pode ter mais força de convencimento (mesmo que seu argumento esteja errado) do que um cientista pouco ou nada conhecido (mesmo que seu argumento esteja mais adequado).

Segundo o filósofo da ciência Philip Kitcher (2000) há dois modelos (racionalista e antirracionalista) principais que tentam explicar como as controvérsias científicas são resolvidas:

Um [modelo], popular entre os empiristas lógicos e seus descendentes intelectuais, propõe que as controvérsias científicas são efetivamente resolvidas por experimentação, evidência, e a exercício da razão. O principal rival a este modelo racionalista, que batizarei de modelo antirracionalista, supõe que os cânones do contexto transcendem a razão e as provas não têm poder para resolver as principais controvérsias científicas. Ambos os modelos aparecem em versões simplificadas e sofisticadas, e nos últimos anos tem sido derramada muita tinta pelos sofisticados de um lado ridicularizando as simplificações feitas pelo outro (KITCHER, 2000, p.21, tradução nossa).

Em relação aos dois modelos citados por Kitcher, podemos afirmar que, em geral, as controvérsias científicas abraçam os dois, com maior ou menor intensidade cada um dependendo da área, da comunidade científica e dos contendentes. Há, geralmente, uma mescla dos dois modelos. A maneira de resolução de uma controvérsia científica é complexa, não podemos simplificá-la. Em suma, podemos dizer que o surgimento e a manutenção de controvérsias científicas ocorrem em todos os tipos de formas e envolvem todos os tipos de fatores causais, sendo alguns fatores causais mais intensos e mais influentes ou determinantes do que outros. Em

algumas controvérsias científicas a razão, o raciocínio e as evidências são determinantes e, em outras, o são os fatores culturais e ideológicos.

Para Reis (2006) o término de uma controvérsia científica pode não acontecer por simples convencimento empírico ou técnico, sendo comum, portanto, a influência de diversos outros fatores. Diz Reis (2006, p.134) que:

Os especialistas entram frequentemente em conflito, pois as controvérsias científicas não podem ser resolvidas simplesmente numa base técnica, uma vez que envolvem hierarquizações de valores, conveniências pessoais, pressões de grupos sociais, etc (REIS, 2006, p.134).

Segundo o físico Max Planck, muitas controvérsias científicas só terminam quando um dos debatedores morre (NARASIMHAN, 2001), uma vez que muitos cientistas se apegam em suas ideias e teorias e tem dificuldades em mudar seus posicionamentos. É importante lembrar que em alguns, ou muitos, casos “dizer que um partido marcou uma vitória em detrimento de outro num debate é diferente de dizer que a controvérsia se resolveu e que o argumento da parte vencedora deve ser considerado melhor do que o do partido rival” (MACHAMER; PERA; BALTAS, 2000 p.10, tradução nossa). Para os filósofos Thomas Kuhn e Paul Feyerabend as pressões, negociações e maquinações políticas têm mais peso na resolução das controvérsias científicas do que argumentos ou experimentos (WESTPHAL; PINHEIRO, 2004). Beauchamp (1987), a respeito de como as controvérsias científicas são resolvidas, fechadas ou encerradas, apresenta e discute cinco significados, tipos, modalidades ou possibilidades de encerramento/fechamento: 1) argumento sólido; 2) consenso; 3) processual; 4) morte natural; 5) negociação. Segundo Beauchamp (1987), o primeiro tipo de encerramento de uma controvérsia científica ocorre através de convencimento por evidências consistentes chamadas de argumento sólido, ou seja, ocorre somente quando uma posição torna-se correta e, por consequência, torna incorreta a posição oponente. Em outras palavras, a controvérsia científica termina quando uma resposta adequada para a questão central é fornecida. Essa resposta é o argumento sólido e a controvérsia é decidida, mesmo se controvérsias sociais ou profissionais continuarem depois. O encerramento aqui se dá pelo peso da evidência e do argumento. Nesse encerramento não há questões morais ou culturais envolvidas, ou pelo menos essas questões não resolverão a controvérsia científica (BEAUCHAMP, 1987).

O segundo tipo de encerramento de uma controvérsia científica, de acordo com Beauchamp (1987), está ligado ao primeiro. Aqui se alcança um consenso, não importando se uma posição correta ou justa foi alcançada. Importa que haja um acordo. Embora seja improvável, é até possível que uma controvérsia seja inteiramente decidida em termos que Ernan McMullin (1987) tem caracterizado como fatores não-epistêmicos (não-científicos ou extracientíficos), isto é, no qual o peso das evidências não desempenha influência na determinação do consenso. O consenso no momento, no contexto, é suficiente. Esse tipo de consenso é comum onde uma ideologia predominante praticamente exige o encerramento, em um período relativamente curto de tempo.

O terceiro tipo de encerramento, para Beauchamp (1987), ocorre de maneira processual, isto é, uma questão é finalizada através de um pedido ou denúncia formalizados, ou seja, através de um processo formal, e legal, dirigido para encerrar a controvérsia. E, portanto, o encerramento pode ocorrer sem a presença de qualquer argumento sólido ou fator epistêmico.

O quarto tipo encerramento de uma controvérsia científica é classificado por Beauchamp (1987) como morte natural, ou seja, ocorre quando a controvérsia científica se finda gradualmente, num lento desaparecer decorrente da perda de interesse dos participantes. Em outras palavras, a controvérsia científica é abandonada. Ernan McMullin (1987) chamaria a *morte natural* de Beauchamp (1987) de encerramento por *abandono*.

O quinto e último tipo de encerramento de uma controvérsia científica é chamado por Beauchamp (1987) de negociação. A definição desse encerramento incorpora alguns elementos das definições anteriores e exclui outros. Esse tipo ocorre quando uma controvérsia é resolvida através de uma resolução intencionalmente organizada e moralmente irrepreensível e aceitável para os diretores da controvérsia, mesmo que eles considerem a resolução comprometedora da sua solução ideal. No entanto, ela não exige - como exige o encerramento por argumento sólido - que haja apenas uma resposta correta, melhor, ou mais justa às questões centrais da controvérsia. O encerramento pode ser alcançado por compromisso - em contraste com o encerramento por argumento sólido, onde tal compromisso é inadmissível. Ele não exige que a resolução seja totalmente satisfatória em termos de padrões morais preferidos de cada diretor. Ele exige apenas que a resolução alcançada seja minimamente satisfatória. A negociação é

um processo e o compromisso é o resultado. A negociação paradoxalmente permite que uma controvérsia seja finalizada quando as partes em disputa ainda mantêm diferenças de opinião sobre a questão moral que gera a controvérsia.

1.2.2. As Controvérsias Científicas (Interações Polêmicas) na Perspectiva de Marcelo Dascal

Marcelo Dascal (1940-atual) é um filósofo nascido no Brasil, mas que vive em Israel desde 1965. É professor de filosofia na Universidade de Tel Aviv desde 1967. Em 1995/1996 coordenou em Jerusalém um projeto internacional de pesquisa chamado "Leibniz, o Polemista". Um dos resultados desse projeto foi a criação da Associação Internacional para o Estudo das Controvérsias (International Association for the Study of Controversies - IASC) em 1996. Essa Associação conduz, desde então, anualmente, workshops e conferências relacionados ao estudo das controvérsias científicas (DASCAL, 2013).

Dascal é um estudioso do que chamou de *interações polêmicas*, tanto na ciência quanto na filosofia, e se dedica a elas há, pelo menos, três décadas. *Interações polêmicas* é o termo utilizado por Dascal para se referir aquilo que normalmente os cientistas chamam de *controvérsias científicas*. Portanto, consideraremos controvérsias científicas e interações polêmicas como sinônimas (o que justifica o título desse trabalho), ou seja, podemos considerar que aquilo que McMullin (1987) e Narasimhan (2001) chamam de *controvérsias científicas*, Dascal (1994; 2005; 2006) chama de *interações polêmicas*, no entanto Dascal elaborou alguns tipos de controvérsias científicas (ou interações polêmicas). Mais tecnicamente falando, Dascal define as interações polêmicas como “interações dialógicas na qual, pelo menos dois interlocutores mantêm posições opostas a respeito de pelo menos uma questão dada, e criticam um ao outro em relação a dita questão” (DASCAL, 2005, p.3). Essas interações polêmicas (ou apenas *polêmicas*) pertencem a uma família de fenômenos chamados *fenômenos discursivos dialógicos polêmicos*. Essa família possui três “membros” ou três “tipos ideais” de polêmicas: *disputa*, *discussão* e *controvérsia*. Tal classificação é a taxonomia das interações

polêmicas elaborada por Dascal. Sendo assim, o conceito *controvérsia*, para Dascal (1994; 2005; 2006) é um tipo de *interação polêmica* (controvérsia científica).

Para uma melhor compreensão desses termos, destacamos que *controvérsia* e *controvérsia científica* podem ser consideradas sinônimas quando usadas comumente pelos cientistas (é o que normalmente ocorre), ou seja, *controvérsia* seria apenas uma abreviação de *controvérsia científica*. No entanto, quando utilizados sob a perspectiva de Marcelo Dascal, e sob nossa interpretação, os dois termos tornam-se distintos, sendo a *controvérsia* um tipo (dentre três) de *controvérsia científica* (interação polêmica).

Pelo fato de Dascal ser um especialista na área das interações polêmicas (controvérsias científicas), ter fundado uma Associação para estudá-las e ter elaborado uma classificação própria para abordar a questão, justifica-se a nossa escolha por utilizá-lo como referência nesse trabalho, apesar de citar outros autores no decorrer do texto.

Dascal (1994) afirma que “nas polêmicas reais manifestam-se de uma só vez elementos dos três tipos ideais, que os contendentes tendem a misturar. Tampouco para o analista é fácil separá-los. Porém, em geral é possível identificar o tipo dominante” (DASCAL, 1994, p.79). Pode acontecer também de uma polêmica iniciar como um tipo e rumar para outro (DASCAL, 1994). Para Dascal (2005), as *interações polêmicas* exibem uma estrutura mínima constituída por proponente (P) e oponente (O), interagindo em pelo menos dois turnos, de tal modo que se podem identificar as seguintes etapas sucessivas: P1 = Primeira intervenção do Proponente; O1 = Reação do Oponente a P1; P2 = Reação do Proponente a O1; O2 = Reação do Oponente a P2.

Primeiramente apresentaremos a *disputa* e a *discussão* (Quadro 1) e, em seguida, contrastaremos essas duas polêmicas com a *controvérsia*.

Quadro 1. Dicotomia “disputa-discussão”.

DISPUTA	DISCUSSÃO
<i>Minha verdade</i>	A verdade
A questão não pode ser decidida	A questão pode ser decidida
Retórica	Lógica
Irracional	Racional
Versa sobre atitudes	Versa sobre conteúdos
Não leva à mudança de opinião	Leva à mudança de opinião
Motivação ideológica	Motivação não-ideológica

Fonte: DASCAL (2005, p.4).

A *disputa* parece constituir-se de uma divergência bem definida e circunscrita, onde o componente racional é deixado em segundo plano uma vez que a tentativa é simplesmente confirmar aquilo que já se pensa. Esse tipo de conduta é prejudicial para o desenvolvimento da ciência, pois prejudica a revisão sucessiva de ideias e impossibilita um diálogo frutífero dentro da comunidade científica. Dascal (1994; 2005) considera a *disputa* como um tipo de irracionalidade, pois em momento algum os contendentes aceitam que estão errados. Em decorrência do fato de que as *disputas* são geridas e geradas por diferenças de atitudes, sentimentos ou preferências, não há “soluções”, pois não há procedimentos mutuamente aceitos para resolvê-las ou decidi-las. Alguns contendentes chegam ao ponto de verem o seu adversário como alguém enfermo e que requer tratamento (DASCAL, 1994; 2005). Por outro lado, a *discussão* é considerada por Dascal como um tipo de racionalidade, a racionalidade ‘hard’ (dura, rígida) onde “a raiz do problema é um erro relativo a algum conceito ou procedimento importante num campo [também] bem definido” e circunscrito (DASCAL, 1994, p.79). Para Dascal, as “discussões permitem soluções, que consistem em corrigir o erro graças à aplicação de procedimentos aceitos no campo (como prova, cálculo, repetição de experimentos, etc.)” (DASCAL, 1994, p79).

Há, no entanto, segundo Dascal (2005), uma terceira alternativa para o papel das *polêmicas* na ciência. Trata-se da modalidade classificada por ele como *controvérsia* (Quadro 2). Segundo ele, a *controvérsia* ocupa uma posição intermediária entre a *disputa* e a *discussão*.

A controvérsia difere da disputa na medida em que cada participante não dá por estabelecido *a priori* que o adversário está errado e ele certo, abandonando assim a esperança de poder persuadi-lo racionalmente a mudar de ideia. Por outro lado, a controvérsia difere da discussão por não restringir-se a divergências limitadas pela aceitação por ambos de um número considerável de pressupostos comuns, permitindo assim, pelo contrário, desacordos amplos e radicais (DASCAL, 2005, p.6).

Para Dascal “uma controvérsia real nunca se resume em uma *única* diferença de opinião sobre *uma* questão dada” (DASCAL, 2006, p.302, grifo do autor). Ele esclarece também em que momento certa discordância científica se transforma em controvérsia: “para originar uma controvérsia, a discordância normalmente se manifesta em uma gama de tópicos, que se reúnem em torno de uma suposta divergência central” (DASCAL, 2006, p.302). Além disso, Dascal (1994,

p.79) afirma também que a controvérsia pode “começar com um problema específico, porém rapidamente se expande a outros problemas e revela divergências profundas”. Diz ele ainda que essas divergências “envolvem tanto atitudes e preferências opostas como desacordos sobre os métodos vigentes para solucionar os problemas [...] não se percebe a oposição como simplesmente uma questão de erros” e, portanto, “nem existem procedimentos aceitos para decidi-la” (DASCAL, 2006, p.302). As controvérsias não se resolvem facilmente, ao contrário, “tendem a ficar cada vez mais polarizadas e entrincheiradas e a controvérsia se perpetua em um debate constante” (DASCAL, 2006, p.302).

Nas controvérsias reais não há divergência apenas com relação ao “conteúdo”, “mas também sobre como interpretar as alegações um do outro, sobre o que é essencial e o que é apenas ‘retórico’, sobre o que deve contar como um bom argumento e sobre o método para pôr fim à discussão” (DASCAL, 2006, p.303). Dascal também alega que numa controvérsia é comum quando um ou mesmo os dois contendores ou não respondem ou respondem de maneira não pertinente às questões de um e de outro (DASCAL, 2006).

As características de cada tipo de *interação polêmica*, segundo Dascal (2005), são apresentadas no Quadro 2 (abaixo):

Quadro 2. Tricotomia “disputa-controvérsia-discussão”.

	DISPUTA	CONTROVÉRSIA	DISCUSSÃO
OBJETIVO	Vitória sobre o adversário – minha verdade	Persuasão racional	Determinação da posição verdadeira – a verdade
EXTENSÃO	Divergência bem definida, em geral estendendo-se a divergências pessoais e sociais	Começa com uma questão bem definida e rapidamente se expande horizontalmente e verticalmente	Problema ou questão bem definida
PROCEDIMENTO	Não há concordância quanto a procedimento de decisão “interna”;	Cada suposição e procedimento podem ser questionados.	Aplicação de procedimento de decisão acordado
LANCE PREFERIDO	Estratagem ²⁷	Argumento	Prova
POSSÍVEL ENCERRAMENTO	Dissolução	Resolução	Solução (correção dos erros)
POSSÍVEIS GANHOS COGNITIVOS	Descoberta de posições e ou atitudes irreconciliáveis.	Clarificação da divergência; conciliação dos opostos; emergência de ideias inovadoras.	Eliminação de crenças equivocadas.
TIPO DE RACIONALIDADE	Irrracionalidade	Racionalidade ‘soft’ (branda)	Racionalidade ‘hard’ (dura)

Fonte: DASCAL (1994; 2005, p. 4-6).

²⁷ Estratégia ou manobra ardilosa e mentirosa para enganar ou confundir o adversário.

Para Dascal (2005, p. 8), “a *dialética* – especialmente aquela que se manifesta nas controvérsias – desempenha um papel importante na construção *coletiva* do conhecimento científico”. A *controvérsia* destaca-se por fugir à racionalidade dura do modelo tradicional da *discussão* e também da irracionalidade da *disputa*. Assim, a *controvérsia* como uma forma de racionalidade (racionalidade branda) possibilita o florescimento de ideias inovadoras (OLIVEIRA, 2011). A *controvérsia* é um tipo de polêmica que não objetiva a superação do oponente. A persuasão é o objetivo da *controvérsia*. A “arma” preferida da *controvérsia* é o argumento e o ideal desejado é a resolução, que pode ocorrer através da elucidação das divergências, da conciliação dos opostos ou da ascensão de novas ideias (OLIVEIRA, 2011).

Para Dascal (2005), um tipo de polêmica pode, no decurso do tempo, se transformar em outra. Ele cita dois exemplos para evidenciar esse ponto. O primeiro exemplo trata da polêmica entre Isaac Newton e Robert Hooke a respeito da teoria da composição da luz e os experimentos realizados através do prisma. Segundo Dascal (2005), essa polêmica inicia-se como uma típica *discussão*, no entanto, logo se transforma em uma acirrada *disputa*, na qual Hooke aceita os experimentos de Newton, mas rejeita sua teoria. Newton, fiel ao modelo da discussão, insiste que só uma prova experimental pode solucionar o debate, Hooke, ao afirmar que nem mesmo um “experimento crucial” poderia decidir entre a sua hipótese e a de Newton, aponta na direção de um modelo alternativo. “A ausência de um método de decisão como a prova, que termina o debate obrigando os participantes a aceitar a solução por ele ditada, é justamente uma das características definitórias da controvérsia” (DASCAL, 2005, p.6). O segundo exemplo aborda a polêmica entre René Descartes e Pierre Fermat. Nessa aparente *discussão*, que posteriormente também se transforma em *disputa*, apesar de mostrarem-se dispostos à análise de outros matemáticos, afirmam *a priori* que o adversário está errado.

Assume-se que na constituição da ciência as *controvérsias*, no entendimento de Dascal, possibilitam o desenvolvimento de novas ideias e a compreensão de que a ciência é amparada por visões teóricas, que representam os fenômenos a partir de uma dada perspectiva. Assim, foge-se tanto de uma visão de ciência como detentora de “verdades” como de uma visão irracional de ciência que não leva em consideração as evidências. A interação polêmica constituída na *controvérsia*, segundo Dascal, aponta para uma ciência em ação que é sensível ao contexto e que

faz uso da persuasão racional para conduzir a aceitação do discurso pela comunidade científica (OLIVEIRA; REGNER; 2009).

Dascal (1994) utiliza dois argumentos, a *Tese A* e a *Tese B*, para justificar o papel crucial do estudo das *controvérsias* para o correto entendimento da ciência e das teorias científicas. Diz ele em seu primeiro argumento, ou *Tese A*:

As controvérsias são indispensáveis para a formação, evolução e avaliação das teorias (científicas) porque é nelas que se exerce a crítica ‘séria’, ou seja, aquela que permite engendrar, melhorar e controlar seja a ‘boa estruturação’, seja o ‘conteúdo empírico’ das teorias científicas (DASCAL, 1994, p.77).

Dascal confere importante valor às críticas e defende que ocupem o seu “lugar natural” nas *controvérsias*. Em seu segundo argumento, ou *Tese B*, Dascal escreve sobre a importância de se pesquisar sobre as *controvérsias* para que tenhamos uma descrição adequada da história da ciência e da sua natureza.

A rigorosa pesquisa das controvérsias é um meio indispensável para constituir uma descrição adequada da história e da práxis da ciência. Isso porque as controvérsias são o ‘contexto dialógico’ natural em que se elaboram as teorias e se constitui progressivamente seu sentido. Além disso, a pesquisa das controvérsias permitiria determinar empiricamente, por um lado, a natureza precisa das ‘crises’ e ‘rupturas’ que supostamente introduzem um elemento de irracionalidade na evolução da ciência e, por outro, em que consiste a ‘continuidade’ que supostamente se requer como requisito para a mudança e a ‘inovação’ conceituais (DASCAL, 1994, p.77).

Dascal (1994, p.77) defende a importância crucial da “descrição cuidadosa do processo histórico de evolução da ciência”, para que tenhamos uma compreensão mais correta da natureza da ciência e onde as controvérsias desempenham um papel decisivo, além de argumentar que a “pedra de toque” para a compreensão das supostas diferenças entre as chamadas “ciência normal” e “ciência extraordinária” de Thomas Kuhn, consiste exatamente em identificar se há “diferenças fundamentais entre as controvérsias que ocorrem numa ou na outra” (DASCAL, 1994, p.77), e então poder dizer algo relevante referente à existência e à natureza da incomensurabilidade entre teorias científicas. Dascal (2005) expõe a importância da crítica e das controvérsias para o desenvolvimento científico.

Costuma-se enfatizar o caráter cooperativo da construção coletiva do saber. Mas não menos importante que a cooperação – e talvez condição necessária de sua possibilidade – é o confronto crítico entre abordagens, projetos, metodologias, objetivos, disciplinas, teorias, e

cientistas individuais ou grupos de cientistas. Sendo a crítica e a controvérsia o motor do progresso do saber [científico] (DASCAL, 2005, p.1).

Além disso, Dascal cita o filósofo da ciência Karl Popper (1963) a respeito da importância das contradições na ciência: “sem contradições, sem criticismo, não haveria motivação racional para mudarmos nossas teorias: não haveria progresso intelectual” (POPPER, 1963 apud DASCAL, 2005 p.2). Dascal resume as ideias acima citadas afirmando que “a ciência se manifesta em sua história como uma sequência de controvérsias” (DASCAL, 2005, p.78) e, dessa maneira, as controvérsias são o ‘estado natural’ da ciência, e não anomalias. É nas controvérsias que se “exerce a atividade crítica, se constitui dialogicamente o sentido das teorias, se produzem as mudanças e inovações, e se manifesta a racionalidade ou irracionalidade do empreendimento científico” (DASCAL, 2005, p. 78). Dascal (2005) ainda enfatiza que as controvérsias na filosofia e na história da ciência não podem ser ignoradas.

Além disso, para se estabelecer com maior clareza os conceitos da *controvérsia*, Dascal (1994, p. 80-83) lista seis “características essenciais” desse tipo de polêmica. A saber:

1. As *controvérsias* não ficam confinadas aos problemas iniciais que as motivam. Ampliam-se rapidamente em extensão e profundidade. Pode inicialmente confinar-se a apenas uma área específica e ao longo do tempo abranger outras (DASCAL, 1994).
2. Os contendentes questionam pressupostos básicos de seus adversários tais como pressupostos metodológicos, conceituais e factuais, por exemplo, utilizar dados incorretos decorrentes de erros de identificação de fósseis, resumir incorretamente dados oriundos de outras pesquisas ou explicar a evolução sem considerar a evolução paralela (ou convergente), por exemplo, (DASCAL, 1994).
3. Hermenêutica, isto é, a interpretação correta dos dados, da linguagem, das teorias e dos métodos. A cada momento os contendentes acusam-se mutuamente de apresentar incorretamente as teses do outro, de utilizar uma linguagem ambígua, de não contestar as objeções e de não centrar-se no ‘verdadeiro problema’ que se tem que resolver. Essa invocação por distorção é uma maneira de escapar à crítica do oponente, ou seja, ao invés de se

abordar fielmente a teoria do oponente em toda sua complexidade, realiza-se uma reconstrução (equivocada) dessa teoria. É a estratégia do “mal-entendido”, isto é, as *controvérsias* sofrem de um notável excesso de alegações de mal-entendido (DASCAL, 1994).

4. A “abertura” da *controvérsia*, ou seja, o caráter dinâmico dessa polêmica. Talvez essa seja a característica mais importante. Por “abertura” entendemos a extensão, abrangência ou amplitude da *controvérsia*. Dascal faz algumas considerações a esse respeito: ao iniciar uma *controvérsia*, não sabemos por onde vai nos levar sua dinâmica própria; dificilmente se restringe a apenas uma disciplina; revelam a existência de divergências profundas com respeito ao significado dos conceitos, métodos e fatos até então aceitos; não é possível antecipar a totalidade das objeções do oponente; preparam o terreno para as inovações radicais – ideias, métodos, técnicas e interpretações não convencionais (DASCAL, 1994).
5. O “fechamento” da *controvérsia*. Aquilo que McMullin (1987) chama de “resolução” e Beauchamp (1987) de “fechamento por argumento sólido/correto”, Dascal chama de “solução” e se refere às *discussões*. Aquilo que McMullin (1987) chama de “fechamento” e Beauchamp (1987) chama de “fechamento processual”, Dascal (1994) chama de “dissolução” e refere-se às *disputas*, isto é, as *disputas* não são solucionadas ou resolvidas, mas dissolvidas, pois não há resolução para os conflitos de atitudes (conflitos pessoais). Dascal (1994) argumenta que falta um tipo intermediário de “terminação”, algo mais aberto que os algoritmos que solucionam as *discussões* e não arbitrários como aqueles que dissolvem as *disputas*. Sendo assim, para Dascal (1994) as propostas de “negociação” e de “consenso” de Beauchamp (1987) poderiam servir como tipos intermediários, ou seja, seriam formas de “encerrar sem fechar” as *controvérsias* e seriam típicas desse tipo de polêmica. Para Dascal (1994), esses tipos intermediários (até mesmo se a *controvérsia* for encerrada sem acordo) são “produtivos”, isto é, contribuem no plano cognitivo-epistêmico, de várias maneiras: esclarecimento do problema, reconhecimento das dificuldades ou divergências conceituais ou metodológicas, reorientação do esforço de pesquisa, ou simplesmente “compreensão”. Isso prepara o terreno para as inovações radicais (DASCAL, 1994).

6. Apesar da “abertura” (abrangência, amplitude) das *controvérsias*, sua constituição não é anárquica. Embora não sigam regras rígidas como nas discussões, elas não caem no “tudo vale”. Mesmo que não sejam encerradas através de um “tribunal da razão” (segundo Kant), ou de um “juiz” imparcial (segundo Leibniz), geralmente não terminam nem no braço nem no grito. As *controvérsias* manifestam alguma ordem e sistematicidade e certo rigor, mas não tão rígidos para suprimirem sua abertura e nem tão flexíveis que impeçam o seu desenvolvimento de forma não arbitrária. Aí está uma forma especial²⁸ de racionalidade (DASCAL, 1994).

Utilizaremos a classificação de Dascal, e principalmente as seis “características essenciais” supracitadas, sobre interações polêmicas e seus apontamentos sobre as *controvérsias* para analisar a interação polêmica (controvérsia científica) “White-Sarmiento”, a qual será abordada e analisada em detalhes no capítulo 2 dessa dissertação. A partir de agora, até o capítulo 4, daremos preferência ao termo *interações polêmicas* para nos referirmos às controvérsias científicas. No capítulo 5, que tratará da pesquisa empírica com os professores em curso de formação continuada, retomaremos o uso do termo *controvérsia científica*, pois não utilizamos o termo *interações polêmicas* com os professores (os questionários aplicados utilizaram o termo *controvérsias científicas*, por ser o termo comumente usado pelos cientistas).

A seguir apresentaremos um contraste entre a “ciência normal” de Thomas Kuhn e a “ciência normal” de Marcelo Dascal. A justificativa de porque escolher Dascal para esse trabalho já fora apresentada nas páginas anteriores. Escolhemos Thomas Kuhn para apresentar essa breve discordância, pois como Dascal apresenta a sua concepção própria sobre “ciência normal” (“normal da ciência” ou “estado natural” da ciência) e o conceito de “ciência normal” exarado por Kuhn é muito conhecido e fora, por ele, criado, entendemos ser oportuno apresentar as duas perspectivas.

²⁸ Dascal utiliza o termo “especial” para a racionalidade contida na *controvérsia* apenas para contrastar com o outro tipo de racionalidade contido na *discussão*, ou seja, a racionalidade encontrada nas polêmicas do tipo *controvérsia* é “diferente” ou “única”, o que a torna bastante distinta da racionalidade dura e algorítmica da *discussão*.

1.2.3. A “Ciência Normal” de Kuhn *versus* a “Ciência Normal” de Dascal

Para o filósofo e historiador da ciência Thomas Kuhn (1998, p.77), a “ciência normal” é a “atividade que consiste em solucionar quebra-cabeça²⁹, é um empreendimento altamente cumulativo, extremamente bem sucedido no que toca ao seu objetivo, a ampliação contínua do alcance e da precisão do conhecimento científico”. Kuhn (1998) diz ainda que “em todos esses aspectos, ela [a ciência normal] se adequa com grande precisão à imagem habitual do trabalho científico” (KUHN, 1998, p.77). Toda ciência normal é orientada por um paradigma (unidade metodológica) e, portanto, é onde reina uma normatividade rigorosa (regras estreitas, apertadas). O paradigma delimita os problemas a serem resolvidos em determinado campo científico. Por isso, os cientistas não buscam descobrir nada de novo, apenas procuram adequar teorias a fatos.

Kuhn (1998) também propõe o conceito de “ciência extraordinária”, oposto ao da ciência normal. No período de “ciência extraordinária”, resultante do acúmulo de “anomalias” (dados que não se encaixam no paradigma; peças do quebra-cabeça que não se encaixam), tal normatividade rigorosa seria abandonada (regras afrouxadas) e tudo, ou quase tudo, valeria. Nesse período de ciência extraordinária, estaríamos rumando para um novo paradigma, estaríamos num período de crise e ruptura. Segundo Freire-Maia (2007), nesse momento o paradigma afrouxaria suas regras para poder conter os “contraexemplos” (anomalias) que estão fora de seus limites, o que pode levar à deterioração do paradigma e a emergência de um novo (a revolução científica), decorrente da ciência extraordinária. Freire-Maia (2007, p. 84) ainda diz que “pode acontecer que a própria ciência normal resolva as anomalias, desta forma eliminando a crise, ou que as anomalias persistam e sejam postas de lado para futura solução”.

Kuhn (1998, p.45) também intitula a ciência normal de “pesquisa científica normal”, “pesquisa normal” e “pesquisa baseada em paradigma”. Entretanto, Kuhn (1998) destaca que na ciência normal falta um componente, um produto comum, do empreendimento científico, falta o “descobrir novidades no terreno dos fatos ou da

²⁹ Kuhn utiliza o termo “quebra-cabeça”, pois dentro de um paradigma todas as peças já estão, supostamente, presentes, basta encaixá-las. Ou seja, já há uma figura pré-definida fornecida, de antemão, pelo paradigma. Aquela peça que não se encaixar poderá ser considerada uma “anomalia” e, se essas anomalias se acumularem poderão por em dúvida a validade do paradigma, rumando para uma crise ou ruptura e o paradigma podendo ser substituído ou recuperado (reconduz a ciência à sua anterior normalidade) (KUHN, 1998).

teoria”. Isto é, para Kuhn (1998) quando a ciência normal trabalha bem e, portanto, é bem sucedida no seu fazer científico, não encontra novidades nem descobre nada de novo em relação aos fatos e às teorias. No entanto, fenômenos novos são frequentemente descobertos pela pesquisa científica e cientistas frequentemente inventam teorias radicalmente novas (KUHN, 1998). Kuhn (1998) intitula essa nova descoberta, que não se encaixa no paradigma, de *anomalia*. Diz ele

A descoberta começa com a consciência da *anomalia*, isto é, com o reconhecimento de que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas paradigmáticas que governam a ciência normal. Segue-se então uma exploração mais ou menos ampla da área onde ocorreu a anomalia. Esse trabalho somente se encerra quando a teoria do paradigma for ajustada, de tal forma que o anômalo se tenha convertido no esperado (KUHN, 1998, p.78, grifo nosso).

A esse respeito Kuhn (1998, p.45) nos diz ainda que “a ciência normal não tem como objetivo trazer à tona novas espécies de fenômenos [...] em vez disso, a pesquisa científica normal está dirigida para a articulação daqueles fenômenos e teorias já fornecidos pelo paradigma”. Kuhn (1998) também afirma que a pesquisa normal tem pouco interesse em produzir grandes novidades (tanto conceitual, quanto de fenômenos).

Enquanto Kuhn indica a estabilidade e o consenso presente na ciência normal, para o filósofo Marcelo Dascal (1994) a presença de controvérsias científicas ou, na sua classificação específica, de *interações polêmicas*, e de crises é o processo normal da ciência. A “ciência normal,” segundo Dascal (1994), é permeada por contendas e crises menores ou maiores. O “normal” da ciência (e dos programas de pesquisa), ou sua regra (norma), é a presença de polêmicas, não importando se tais contendas são estritamente científicas (predominantemente epistêmicas) ou ideológicas (predominantemente não epistêmicas). As polêmicas ocorrem dentro de um mesmo paradigma (intraparadigmáticas), podem estimular novas descobertas e inovações radicais, e não são anomalias, nem crises, nem rupturas.

Dascal (1994) exemplifica tal ideia ao citar a polêmica entre Cuvier e Saint-Hilaire, demonstrando que grandes mudanças podem acontecer dentro do paradigma. Diz Dascal a esse respeito:

Um [Cuvier] valorizava o espírito da exatidão, o outro [Saint-Hilaire], o espírito do rigor. Entretanto, ambos professavam fidelidade ao mesmo paradigma científico [...] o que mostra que mesmo dentro de um

paradigma há margem para interpretações radicalmente diferentes (DASCAL, 1994, p. 81).

Com relação à ciência normal, às anomalias, às inovações e descobertas, Dascal (1994, p.78) defende que:

A ciência se manifesta em sua história como uma sequência de controvérsias; estas são, portanto, *não anomalias*, mas o 'estado natural' da ciência; nas controvérsias é onde se exerce a atividade crítica, se constitui dialogicamente o sentido das teorias, se produzem as mudanças e as inovações, e se manifesta a racionalidade ou irracionalidade do empreendimento científico (DASCAL, 1994, p.78, grifo nosso).

Dessa maneira, percebemos que para Thomas Kuhn (1998), as anomalias e as inovações (novas descobertas) estão fora da ciência normal (fora do paradigma que a orienta). Entretanto, para Marcelo Dascal (1994), tais anomalias e inovações fazem (ou podem fazer) parte da pesquisa científica normal (dentro do mesmo paradigma) e compõem o “estado natural” da ciência.

1.3. POR QUE É TÃO DIFÍCIL SE CHEGAR A UM CONSENSO CIENTÍFICO?

Essa questão é crucial para se compreender adequadamente a natureza da ciência e o processo de construção e de revisão do conhecimento científico. Por que algumas teorias científicas são aceitas mais rapidamente do que outras? Por que alguns cientistas resistem tanto a algumas descobertas científicas, mesmo existindo boas evidências as sustentando? Não existe uma resposta única, monolítica, que abranja toda essa questão tão complexa. O que podemos afirmar é que há várias razões, desde escassez de dados e interpretações diferentes dos mesmos dados, segundo tradições de pesquisa, à defesa de ideologias.

Talvez para o público leigo possa parecer que ao surgir uma nova explicação científica logo ela será adotada pela comunidade científica por ser “melhor” que a anterior. O que efetivamente ocorre é muito diferente. Sobre essa ilusória rápida aceitação, Mayr (2008, p.144) afirma que “a maioria dos pilares da ciência moderna precisou superar anos de resistência, vinda tanto de dentro quanto de fora da ciência”. Ele cita alguns exemplos: o caso da teoria da seleção natural de Darwin-Wallace que demorou cerca de 80 anos para ser adotada pelos cientistas; a

aceitação da especiação geográfica³⁰ [alopátrica] após o ano de 1942; o caso da deriva continental proposta em 1912, a qual os geofísicos se opuseram vigorosamente, mas que fora adotada na década de 1960, sendo denominada de tectônica de placas.

O sociólogo americano Bernard Barber (1918-2006) também se debruçou sobre a questão da resistência dos próprios cientistas às descobertas científicas, pois segundo ele, inexistiam textos e discussões a respeito. As controvérsias se concentravam em resistência de áreas fora da ciência para com as descobertas científicas. Em 1961 foi publicado um artigo seu a respeito dessas questões. A afirmação de que cientistas, reconhecidos como “homens de mente aberta” resistem às descobertas científicas, choca, pois, a regra da “mente aberta” é um dos valores mais caros de um cientista. No seu artigo, Barber procurou investigar, de maneira acurada, os elementos dentro da ciência que limitam a regra e a prática da “mente aberta” e identificou fontes culturais e sociais específicas para tal resistência. O autor cita brevemente vários exemplos de resistência às descobertas científicas, tais como Helmholtz, Faraday, Max Plank, Clausius, Kirchhoff, Carl Newmann, Darwin, Huxley, Lavoisier, Granville, Waterston, Lister e outros (BARBER, 1961).

Barber (1961) identificou sete fontes que podem influenciar na resistência por parte dos próprios cientistas em aceitar as [novas] descobertas científicas. São elas: 1) influência cultural; 2) concepções substantivas; 3) concepções metodológicas; 4) ideias religiosas; 5) reputação profissional; 6) especialização profissional; 7) sociedade, “escolas” e senhoridade. Abaixo cada número se refere ao número da fonte de resistência citado no parágrafo anterior, na mesma ordem.

1. Os cientistas sofrem influência cultural contra inovações e, desta maneira, as boas explicações científicas podem obstruir a aceitação de explicações melhores. Os cientistas são também humanos. Diz Barber sobre o problema da cultura: “a cultura estabelecida define a situação do homem, o que é geralmente útil, mas é também, por vezes, nociva,

³⁰Darwin a princípio (anos 1840) apoiou a especiação geográfica, mas depois (anos 1850) também aceitou fortemente a especiação não geográfica (simpátrica), colocando a primeira em segundo plano. A visão de Moritz Wagner (1864, 1889) de que a especiação é geralmente geográfica era minoritária até 1942. Nos 80 anos que se seguiram a 1859, devido ao acúmulo de evidências da biogeografia e outras áreas, levou à convicção de que a especiação geográfica era o principal (se não exclusivo) modo de especiação em organismos sexuados. No entanto, desde aquela época tantos argumentos novos têm sido apresentados em favor da especiação simpátrica e de outras formas de especiação não geográfica que a questão sobre se esses outros modos ocorrem e, se ocorrem, em que medida, ainda é controversa (MAYR, 2008, p.145).

pois cega-o à outras formas de conceber essa situação” (BARBER, 1961, p.597, tradução nossa).

2. Outra fonte de resistência, segundo o autor, é a dificuldade de descartar uma teoria científica na qual se vem trabalhando há certo tempo para abraçar outra, isto é, o cientista carrega concepções e não é fácil abandoná-las para adotar outras concepções. Essa fonte de resistência o autor chamou de “concepções substantivas”. Ele cita exemplos da teoria ondulatória da luz de Young sofrendo resistência com relação à teoria corpuscular da luz. A teoria dos germes de Lister e a descoberta dos processos de fermentação de Pasteur, além de Mendel, Arrhenius e outros (BARBER, 1961). Parece-nos que um dos motivos da não aceitação da hipótese hominídea para *Ardipithecus ramidus* por parte do paleoantropólogo Esteban Sarmiento (discutida no capítulo 2) e, portanto, suas críticas, é o fato de que se se aceitar a linhagem hominídea de *Ar. ramidus* todo o conhecimento referente às origens humanas deverá ser repensado e corrigido e até rejeitado ou abandonado, principalmente em relação ao último ancestral comum com os chimpanzés.
3. O terceiro tipo de fonte de resistência seriam as “concepções metodológicas”. Um problema é a tendência dos cientistas a pensar em termos de modelos estabelecidos, que acabam por rejeitar proposições apenas porque elas não podem ser colocadas (ou encaixadas) sob a forma de algum modelo. Isto parece ter sido motivo de resistência às descobertas na teoria do eletromagnetismo durante o século dezanove (BARBER, 1961).
4. O autor considera a fonte religiosa de resistência às descobertas científicas como também uma fonte cultural, assim como a cultura social em si mesma e as concepções metodológicas. Diz ele a respeito:

Apesar de termos ouvido mais sobre a maneira pela qual as forças religiosas fora da ciência têm dificultado seu progresso, as ideias religiosas dos próprios cientistas constituem, depois das concepções substantivas e metodológicas, uma terceira fonte cultural de resistência à inovação científica. Tal resistência interna remonta ao início da ciência moderna, onde colegas astrônomos de Copérnico

resistiram as suas ideias em parte por causa de suas crenças religiosas (BARBER, 1961, p.599, tradução nossa).

A maioria dos cientistas com concepções religiosas na época de Darwin rejeitou suas ideias vigorosamente. Ainda hoje há muitos cientistas religiosos que não aceitam as propostas da teoria da evolução (BARBER, 1961).

5. Barber (1961) também relaciona a “reputação profissional” do descobridor com a resistência à descoberta científica. Em geral, maior reputação profissional na ciência é conseguida pelo mais competente, aquele que tem demonstrado a sua capacidade de ser criativo de julgar as descobertas dos outros, no entanto, às vezes, descobertas são feitas por cientistas de menor reputação, e há resistência por parte dos cientistas de maior prestígio, em parte por causa da autoridade que a posição mais elevada proporciona (BARBER, 1961).
6. Outra fonte de resistência identificada pelo autor é a “especialização profissional”, isto é, o padrão de especialização que prevalece na ciência, em determinado momento. A especialização concentra-se e exige conhecimento e habilidade onde eles são necessários. Pasteur encontrou resistência violenta dos homens de medicina do seu tempo quando ele desenvolveu a sua teoria dos germes. Ele lamentou não ser um médico especialista, pois para os médicos do seu tempo Pasteur não passava de um químico brincando de medicina e, portanto, não era digno de atenção, pois não era um especialista na área médica (BARBER, 1961).
7. A sétima e última fonte de resistência às descobertas científicas, por parte dos próprios cientistas, identificada por Barber (1961), foi chamada de “sociedades, ‘escolas’ e senhoridade”. Apesar de o autor ter agrupado três termos num bloco único, trataremos de cada termo separadamente para uma melhor organização e para uma maior clareza das ideias. Ao falar em “sociedades”, Barber está se referindo às “organizações científicas” e “sociedades científicas”. Ele defende a importância e a utilidade dessas sociedades, no entanto quando são comandadas por pessoas incompetentes e incapazes poderão se tornar uma fonte de resistência às inovações na ciência. O autor cita

um exemplo do início do século 19, na Royal Society, onde Granville “criticou severamente as deficiências da sociedade”. Diz Barber:

Granville forneceu numerosos casos em que a seleção ou a rejeição de trabalhos pelo Comitê de Artigos foi o resultado de um mau julgamento. Por vezes, o artigo não tinha sido lido por qualquer Membro que fosse uma autoridade sobre o assunto. Em outros casos, nenhum dos membros da comissão que fez o julgamento tinha qualquer opinião de especialistas no assunto. Foi uma comissão incompetente, por exemplo, que resistiram a Waterston com relação à nova teoria molecular dos gases quando submetido a artigo que faz essa contribuição. O juiz da Royal Society, que rejeitou o artigo escreveu sobre ele: "O artigo não é senão um disparate" (BARBER, 1961, p.601, tradução nossa).

Como resultado, o trabalho de Waterston permaneceu em absoluto esquecimento até ser resgatado, 45 anos após sua morte, pelo secretário da Royal Society Lord Rayleigh e publicado em 1892. Muitos equívocos atuais deste tipo provavelmente ocorreram e ainda ocorrem. E as revistas científicas continuam sendo as fontes mais importantes de publicação e de divulgação de descobertas e pesquisas científicas para a ciência.

Agora trataremos do segundo termo utilizado por Barber, o termo “escolas”. As rivalidades entre as ‘escolas’ são também uma fonte de resistência às descobertas científicas ou inovações na ciência. Huxley, por exemplo, relata-se que tenha dito, dois anos antes de sua morte, que "as autoridades, os discípulos e as Escolas são a maldição da ciência; e interferem mais no trabalho do espírito científico do que todos os seus inimigos" (BARBER, 1961, p.61, tradução nossa). Murray sugere que a suposta guerra entre ciência e teologia só é igualada pela guerra entre escolas rivais em cada uma das especialidades científicas (BARBER, 1961). Ao autor alerta que faltam estudos acadêmicos nessa área específica relacionada às rivalidades e disputas entre as tais “escolas”.

Para concluir a abordagem de Bernard Barber a respeito da resistência às descobertas científicas por parte dos cientistas, o autor utiliza o termo “senhoridade” para afirmar, simplesmente que os mais velhos resistem aos mais jovens na ciência, e isso está muito claro para os próprios cientistas. Barber cita as palavras de Lavoisier que solicitava que os leitores se desapegassem de ideias passadas. Disse Lavoisier:

Eu não espero que minhas ideias sejam adotadas de uma só vez [...] aqueles que têm encarado a natureza de acordo com um certo ponto de vista, durante grande parte sua carreira, se movem apenas com dificuldade para novas ideias. É a passagem do tempo, portanto, que

deve confirmar ou destruir as opiniões que apresentei. Enquanto isso, eu observo com grande satisfação que os jovens estão começando estudar a ciência sem preconceito (BARBER, 1961, p.601, tradução nossa).

Barber (BARBER, 1961) argumenta que é óbvio que os trabalhadores mais velhos em ciência nem sempre resistem ao mais jovem em suas inovações, no entanto há razões para que a resistência ocorra. Cientista mais velho tem maior probabilidade de resistir à inovação devido as suas concepções substantivas e metodológicas e por suas outras acumulações culturais; ele é mais propenso a ter elevada reputação profissional, a ter interesses especializados, a ser um membro ou funcionário de uma organização estabelecida e a ser associado a uma "escola". Alguma resistência, maior ou menor, parece que sempre permanece por parte dos cientistas às novas ideias científicas. Talvez decorrente de influências culturais e sociais, uma parcela de tal resistência seja inevitável, evidenciando a ciência como uma construção social.

Mais especificamente no campo da Biologia, Mayr (2008, p.145-148) lista seis razões³¹ (embora as razões 3 e 4 pareçam bastante similares, talvez equivalentes), pelas quais algumas teorias precisam lutar durante décadas para serem adotadas. As seis razões estão organizadas abaixo:

1. *Conjuntos diferentes de evidências levam a conclusões diferentes.* Por exemplo, pesquisadores de especiação geográfica coletam dados que consideram apoiar a evolução gradual, enquanto muitos paleontólogos através dos fósseis não identificam o padrão gradualista, mas sim descontínuo ou pontuado, de hiatos entre as espécies. O desafio resultante, portanto, é mostrar como o descontínuo registro fóssil pode ser reconciliado com o processo gradual de especiação (MAYR, 2008). No seu livro *O Que é a Evolução*, Mayr procura resolver essa controvérsia:

Alguns autores afirmam (Gould, 1977) que a existência de equilíbrios pontuados está em conflito com a teoria de Darwin, que propõe uma evolução gradual. Isso não é verdade. Os equilíbrios pontuados, que à primeira vista parecem apoiar o saltacionismo e a descontinuidade, são, na verdade, fenômenos populacionais e, portanto, graduais (Mayr, 1963). Não existe nenhum conflito entre os equilíbrios pontuados e as conclusões da síntese evolucionista (MAYR, 2009, p.309).

³¹ Apesar de citar seis razões ele deixa claro que as razões são diversas.

2. *Adesão a ideologias diferentes*: esse aspecto gera uma forte resistência ao consenso científico, pois torna uma teoria aceitável para um grupo e impossível para outro. Segundo Mayr (2008, p.146), “a substituição de ideologias (‘paradigmas profundos’) enfrenta muito mais resistência que a substituição de teorias errôneas”. Ele cita o exemplo da impossibilidade de aceitação da teoria da seleção natural no período vitoriano, onde os cientistas da época defendiam ideologias como o criacionismo, a teologia natural, a teleologia e o fisicalismo determinista.

Ideias como o vitalismo, o essencialismo, o criacionismo, a teleologia e a teologia natural foram parte essencial da visão de mundo daqueles que as defendiam e, como tal, não haveriam de ceder facilmente. Conceitos opostos a elas, portanto, se disseminaram lentamente, recrutando adeptos que não tinham uma visão de mundo tão firme (MAYR, 2008, p.146).

Assim, “não apenas a seleção natural, mas também vários outros aspectos do paradigma de Darwin estava em completa oposição a várias ideologias dominantes no século dezenove” (MAYR, 1991, p.96). A grande maioria dos biólogos não aceitou a teoria da seleção natural até a Síntese Moderna por volta de 1930-1940, e não apenas filósofos, teólogos e leigos. Alguns naturalistas que a aceitaram na sua época foram William Bates, Fritz Müller (no Brasil), Alfred Wallace, Joseph Hooker, Thomas Huxley, August Weismann, Thyselton Dyer e outros (MAYR, 1998). Mayr (1998) esclarece que muitas vezes cientistas diferentes chegam a conclusões inteiramente diferentes, quando não opostas, a partir dos mesmos fatos. Como pode isso? Para Mayr (1998) isso resulta de divergência profunda de ideologias entre os cientistas.

3. *Várias explicações diferentes, em um dado momento, parecem explicar igualmente bem o mesmo fenômeno*. Mayr (2008, p.146) cita o exemplo do mecanismo de orientação para a migração nas aves, o qual é explicado através da orientação pelo Sol, pelo magnetismo, olfato e outros fatores.
4. *Pluralidade de respostas possíveis*. Mayr (2008) defende que, em alguns casos, há realmente uma pluralidade de respostas possíveis. Ele cita o exemplo dos mecanismos de especiação

A especiação completa pode ser atingida pela aquisição de mecanismos de isolamento antes ou depois do acasalamento; ou uma especiação geográfica relativamente rápida pode acontecer em

populações fundadoras quanto em populações de relicto³²; ou o status de espécie pode ser atingido por meio de uma reorganização de cromossomos (MAYR, 2008, p.146-147).

5. *Causas próximas versus causas últimas.* Alguns cientistas se preocupam com explicações causais próximas (ou funcionais) e outros com as explicações causais últimas (ou evolutivas), dessa forma haverá controvérsias e dificuldade de se atingir um consenso. Mayr (2008) cita o exemplo do dimorfismo sexual. Para T. H. Morgan o dimorfismo sexual era resultado de uma causa próxima – os hormônios sexuais –, enquanto que para os pesquisadores da evolução tal dimorfismo tem como explicação causal uma causa última, ou evolutiva, isto é, a seleção para o sucesso reprodutivo. Atualmente essa controvérsia é muito menor. Podemos encontrá-la numa área recente que se constitui a interface entre a biologia evolutiva e a medicina, chamada de Medicina Evolutiva (ou Medicina Darwiniana), na qual os médicos explicam os atributos do organismo humano (e suas enfermidades) apenas através da biologia funcional (causas próximas) e os biólogos através da biologia evolutiva ou histórica (causas últimas).
6. *Fatores não estritamente científicos:* diz respeito à desde o fato de o cientista não ter “caído nas graças” do *establishment*, da publicação de artigos científicos em línguas que não a inglesa, até determinadas tradições de pesquisas em determinados países impedem que os cientistas cheguem a um consenso. Diz Mayr

Talvez um autor não tenha caído nas graças do *establishment* do momento ou o tenha ofendido, enquanto outro tenha tido um sucesso inesperado com uma teoria subsequentemente refutada por pertencer a uma *claque*³³ poderosa. Quando os cientistas envolvidos pertencem a diferentes escolas ou a países nos quais diferentes esquemas explicativos têm uma tradição, o consenso pode ser mais difícil de obter [...]. O *establishment* científico de um país, em geral, aceita mais facilmente o trabalho de um compatriota, ou de um autor que pelo menos tenha publicado na sua língua, do que os trabalhos estrangeiros. Trabalhos importantes publicados em russo, japonês ou mesmo em outras línguas da Europa ocidental que não seja o inglês tendem a ser negligenciados, quando não simplesmente ignorados. Mesmo que as ideias contidas em tais publicações negligenciadas sejam um dia, adotadas, com frequência isso se deve à sua

³² Populações de relicto ou populações relictas são populações, de animais ou vegetais, isoladas em certas áreas, remanescentes de fauna e flora outrora amplamente distribuídas.

³³ Grupo de admiradores ou seguidores de alguém. Grupos de indivíduos pagos para aplaudir nos teatros ou nos comícios (MINIAURÉLIO, 2010, p.168).

redescoberta subsequente por alguém, e a prioridade da publicação mais antiga é esquecida (MAYR, 2008, p.147-148).

Nesse capítulo foi possível perceber as diferentes formas de controvérsias científicas, as dificuldades em suas finalizações ou resoluções e as formas de resistências em relação às novas ideias científicas. Também foram apresentadas compreensões e definições das discordâncias científicas sob a perspectiva de diferentes pesquisadores, especialmente aquelas do filósofo Marcelo Dascal. Considerando esses aspectos, no capítulo a seguir abordaremos o papel das controvérsias científicas, especificamente, na temática da evolução biológica humana e faremos uma análise, segundo os critérios estabelecidos por Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006) da interação polêmica White-Sarmiento a respeito do fóssil *Ardipithecus ramidus* ("Ardi").

2. INTERAÇÕES POLÊMICAS NA EVOLUÇÃO HUMANA

Nesse capítulo abordaremos duas interações polêmicas (controvérsias científicas) especificamente relativas à evolução biológica humana, sendo o caso *Australopithecus afarensis* (“Lucy”) abordado de forma muito breve e o caso *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”) apresentado em maiores detalhes, pois esse configura-se em um dos focos dessa pesquisa. Entretanto, antes de apresentarmos tais polêmicas, escrevemos, ainda que sucintamente, sobre a natureza das pesquisas paleoantropológicas segundo o paleoantropólogo Bernard Wood (2005).

2.1. INTERAÇÕES POLÊMICAS NA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA HUMANA

Darwin chegou à conclusão de que os mecanismos evolutivos responsáveis pela origem das espécies não humanas, também foram responsáveis pela origem da espécie humana, após recolher dados durante muitos anos sobre a origem do homem. Afirma ele, no capítulo final de *The Descent of Man*, que “a conclusão principal a que se chegou nesta obra, isto é, a de que o homem descendeu de alguma forma menos organizada, lamento a pensar, será altamente desagradável a muitas pessoas” (DARWIN, 1871, p. 404, *tradução nossa*). Darwin também argumenta que esse livro, *The Descent of Man*,

[...] tem por finalidade única considerar, em primeiro lugar, se o homem, como qualquer outra espécie, descendeu de outra forma qualquer preexistente; em segundo lugar, a maneira de seu desenvolvimento e, em terceiro lugar, o valor das diferenças entre as assim chamadas raças do homem (DARWIN, 1871, p.2-3, *tradução nossa*).

Contudo, o próprio Darwin reconhece que outros estudiosos já haviam pensado na ancestralidade do homem e em explicações comuns para os homens e outros seres vivos³⁴. Um dos primeiros estudiosos a realizar uma revisão sistemática das diferenças entre humanos modernos, chimpanzés e gorilas fora o renomado “buldogue de Darwin”, Thomas Henry Huxley. No livro de Huxley, intitulado *Evidence*

³⁴ “De fato, a noção de que os humanos modernos evoluíram, de uma forma primitiva e antiga, foi estabelecida cedo no pensamento ocidental. Platão e Aristóteles forneceram as primeiras ideias registradas sobre a origem da humanidade. Estes filósofos gregos antigos sugeriram que o mundo natural inteiro, incluindo humanos modernos, formava um sistema. Isto quer dizer que os humanos modernos têm que ter se originado da mesma maneira que os outros animais (WOOD, 2005, p.7, *tradução nossa*).

as to *Man's Place in Nature* (*Evidências quanto ao Lugar do Homem na Natureza*) de 1863, no ensaio *On the relations of Man to the Lower Animals* (*Sobre as relações do Homem com os Animais Inferiores*³⁵), ele concluiu que as diferenças anatômicas entre humanos modernos e chimpanzés e gorilas eram menos marcadas do que as diferenças entre os dois símios africanos e o orangotango (WOOD, 2005). A respeito da impossibilidade de se conhecer a origem do homem, como afirmavam alguns, Darwin argumentou que:

Frequentemente e com confiança se tem afirmado que a origem do homem nunca poderá ser conhecida; mas, com mais frequência do que o conhecimento, a ignorância gera certas convicções: os que pouco sabem, e não aqueles que muito conhecem, asseveram com tanta firmeza que este ou aquele problema jamais será resolvido pela ciência (DARWIN, 1871, p.2, tradução nossa).

Dessa maneira, já há muitas décadas, não se discute “se” o homem teve ancestrais comuns com macacos ou símios (ou monos), mas “como”, “quando” e “onde” o homem evoluiu e, portanto, as controvérsias internas (dentro da comunidade científica) referentes a esses aspectos são abundantes. Carvalho (2004, p.852) enfatiza essas discordâncias:

A história evolutiva dos hominídeos ainda é controversa, devido ao registro descontínuo e escasso, e às diversas reinterpretções a partir de cada nova descoberta, gerando dados discordantes (CARVALHO, 2004, p.852).

Ernst Mayr (2009), ao tratar da transição do bipedalismo arborícola de *Australopithecus* para o bipedalismo terrestre de *Homo*, e de outras modificações no esqueleto (cranial, dentário e pós-cranial³⁶) dos hominídeos fósseis ao longo da evolução, ressalta a forte presença de polêmicas entre os cientistas a respeito desse tema, afirmando que “quase tudo nesse cenário [evolução dos hominídeos] é alvo de controvérsias e está sujeito a correções no futuro” (MAYR, 2009, p.283). O paleontólogo Donald R. Prothero (2007) afirma que “o estudo dos fósseis humanos é um dos mais controversos campos científicos” (PROTHERO, 2007, p. 332). Na Figura 1 podemos observar **uma** das possíveis **hipóteses** (pois não há consenso) filogenéticas dos hominídeos.

³⁵ O termo “animal inferior” era utilizado no período vitoriano para designar “animais não humanos”.

³⁶ Todo o esqueleto exceto crânio e dentição.

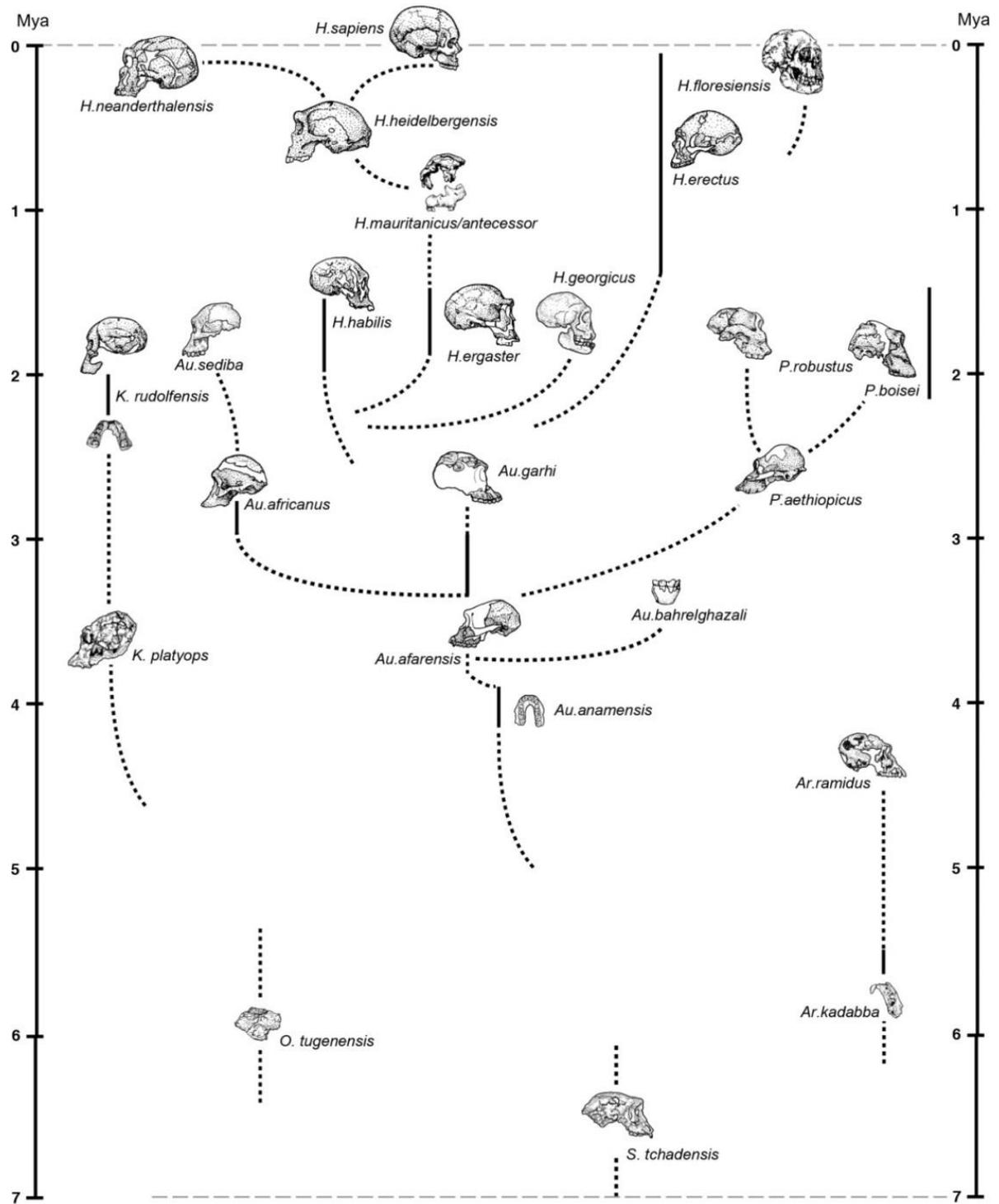


Figura 1. Uma tentativa de reconstruir a árvore (ou o arbusto) da família dos hominídeos. Observem que não há nada semelhante a uma linha ou a uma escada partindo de *Sahelanthropus tchadensis* até o *Homo sapiens*. A figura apresenta algumas possíveis relações entre as espécies e como as múltiplas espécies de hominídeos têm tipicamente coexistido – até o aparecimento de *Homo sapiens*. Linhas pontilhadas indicam relações ancestral-descendentes possíveis e as linhas contínuas o tempo de existência da espécie. Fonte: Tattersall, 2013, p.12, tradução nossa.

Apesar de todas essas polêmicas, relativas à evolução dos hominídeos, é possível reduzi-las e, talvez, até resolvê-las. O item 1.2.2 (a seguir) aborda de que maneira é possível reduzir, ou até resolver, segundo o paleoantropólogo Bernard

Wood (2005), as interações polêmicas (controvérsias científicas) no campo da biologia evolutiva humana. Inserimos tal discussão, pois pensamos ser importante por apresentar alguns métodos, técnicas, análises e interpretações dos dados fósseis para que haja um melhor entendimento da origem e término das controvérsias na área e também para melhor compreender a polêmica entre os paleoantropólogos Tim White e Esteban Sarmiento, a respeito do fóssil de *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”).

2.1.1. Como então resolver, ou ao menos reduzir, as interações polêmicas na Evolução Biológica Humana?

O paleontólogo Niles Eldredge argumenta, a respeito das discordâncias no campo da evolução biológica, que **“concordamos sobre muitas coisas. Mas há ainda muito com o que não podemos concordar.** Assim, o trabalho vai continuar. Mas é trabalho bom, honesto e empírico na base” (ELDREDGE, 2010, p. 89, grifo nosso). Eldredge também contesta o argumento oriundo de muitas pessoas, principalmente daquelas de fora da ciência, de que a falta de consenso entre os cientistas evolutivos é uma das fragilidades e deficiências da biologia evolutiva:

Na verdade [a falta de consenso na biologia evolutiva] é o seu ponto forte. De Darwin até aqui percorremos um longo caminho. Todavia, ainda há muito a percorrer até que possamos concordar com todos os detalhes sobre como o processo evolutivo funciona. Realista como sou, sei que este dia jamais chegará (ELDREDGE, 2010, p.88).

Interessante notar que Eldredge afirma que o dia que os cientistas concordarão em todos os detalhes sobre os mecanismos evolutivos “jamais chegará”. Tal afirmação é bastante relevante, e no campo da paleontologia mais ainda, devido, provavelmente, à impossibilidade de resgatar e de reconstruir a história completa (ou mesmo parcial) da vida na Terra, uma vez que a fossilização é um evento raro. Partindo dessa afirmação e desse raciocínio, chegar a consensos, ou resolver discordâncias, em relação à evolução biológica humana, é realmente difícil. Douglas Futuyma (2009) argumenta que sempre que tratarmos de qualquer ciência histórica (geologia, astronomia, história humana), “raramente podemos demonstrar que um evento teve uma causa ao invés de outra [...] não podemos realizar experimentos [...] não podemos rerepresentar o período cretáceo sem uma extinção em massa” (FUTUYMA, 2009, p.648). Daí, percebemos a tamanha

dificuldade de reconstruir eventos passados e, portanto, de se alcançar um consenso na área.

Para o paleoantropólogo Bernard Wood³⁷ (2005) a maneira de resolver, ou ao menos reduzir, tantas controvérsias científicas na evolução biológica humana é melhorando o nosso conhecimento sobre a história evolutiva humana. Bernard Wood (2005) argumenta que são utilizadas duas estratégias para atingir o objetivo de melhorar esse conhecimento: 1) obter mais dados; e 2) melhorar o modo como se analisam os dados. A obtenção de mais dados pode ser conseguida de duas maneiras: ao encontrar mais fósseis em sítios já conhecidos ou em novos sítios. A análise pode ser aprofundada ao extrair mais informações de fósseis já existentes, usando novas técnicas e novas tecnologias como, por exemplo, o microscópio confocal e o escaneamento a laser, objetivando observações mais precisas da morfologia externa. O conhecimento da morfologia interna e da bioquímica de fósseis pode ser melhorado ao usar técnicas médicas não invasivas como a tomografia computadorizada (para estruturas como o ouvido interno), ao usar microscópios (para investigar a anatomia microscópica dos dentes) e ao usar a tecnologia da biologia molecular (para detectar pequenas quantidades de DNA em fósseis recentes) (WOOD, 2005).

2.1.1.1. Fósseis Hominídeos: descoberta, contexto, datação, análise, interpretação e cladística.

Trataremos, a seguir, da descoberta de fósseis hominídeos, do contexto geológico desses fósseis, de sua datação, análise, interpretação e cladística. Utilizaremos aqui o conceito de “hominídeo” fornecido pelo paleoantropólogo Tim White. Tal conceito é chamado por White de “hominídeo cladístico”, equivalente a “hominídeo no sentido clássico” (utilizado por Sarmiento), isto é, apenas aquelas espécies fósseis filogeneticamente no lado humano de nossa divergência com os chimpanzés são consideradas hominídeos (WHITE; SUWA; LOVEJOY, 2010).

³⁷ A maior parte do subcapítulo (ou subseção) 2.1.1.1. está baseada nos escritos do paleoantropólogo Bernard Wood (2005). Esse autor foi escolhido, pois escrevera um livro sucinto abordando especificamente as pesquisas em evolução biológica humana.

Nesse trabalho os termos “hominídeo” e “hominíneo”³⁸ serão considerados sinônimos, embora não o sejam em outras classificações e aqui o termo “hominíneo” será pouquíssimas vezes utilizado. É importante não confundir o conceito de “hominídeo cladístico” ou “clássico” aqui utilizado, com o conceito o qual considera todos os grandes símios como hominídeos (família Hominidae; subfamílias Ponginae e Homininae). Aqui utilizaremos (como já dito acima) o conceito clássico/cladístico de hominídeo, isto é, apenas os representantes da linhagem humana (e não os grandes símios) serão considerados hominídeos.

Uma pequeníssima fração dos organismos torna-se fóssil (restos mortais preservados de algum organismo antigo). Os fósseis normalmente estão preservados em rochas e podem ser desde pegadas e coprólitos (fezes fossilizadas) até esqueletos ou pedaços dos esqueletos. As partes mais comumente fossilizadas são ossos e dentes, por serem mais duras. Partes moles como tecidos da pele, músculo e intestino raramente se fossilizam, pois são mais degradáveis do que as partes duras. Para que tecidos duros, como ossos e dentes de hominídeos mortos se fossilizem, é necessário que essas partes sejam rapidamente cobertas por silte³⁹ de um rio, por areia de uma praia ou por solo lavado para dentro de uma caverna. Isto protege o fóssil e permite que a fossilização aconteça (WOOD, 2005).

Quanto aos locais nos quais os fósseis de hominídeos são encontrados, desde o início do século XX a busca por fósseis hominídeos ocorre prioritariamente na África.

Somos naturalmente levados a inquirir onde teria sido o berço do homem naquela fase de descendência em que os nossos progenitores se diversificam do tronco dos catarríneos⁴⁰. O fato de

³⁸ Tem se tornado cada vez mais claro que humanos e símios africanos (especialmente os chimpanzés) são proximamente relacionados, com os chimpanzés sendo o grupo irmão dos humanos. A partir desse aumento de evidências, muitos paleoantropólogos perceberam que a classificação tradicional de humanos e nossos parentes mais próximos estava inadequada e inconsistente. Por essa razão é que humanos e grandes símios são agora (modernamente) coletivamente chamados de *hominídeos*, um termo anteriormente utilizado apenas para humanos e fósseis da linhagem humana (é esse conceito de hominídeo utilizado por White e Sarmiento, nessa dissertação). Na classificação cladística, os humanos e os nossos parentes extintos mais próximos pertencem à “tribo” *hominini*. “Tribo” é o nível taxonômico entre subfamília e gênero. Aqui é onde está a confusão. Quando os paleoantropólogos usam o termo *hominíneo* na literatura recente eles querem dizer a mesma coisa que *hominídeo* na literatura antiga. O que está em jogo é muito mais do que mera terminologia. Essa alteração reflete nossa mudança de visão sobre as relações entre essa porção da árvore da vida (HALL, 2011).

³⁹ Fragmentos de rocha ou partículas detríticas menores que um grão de areia e maiores que os grãos de argila, que entram na formação do solo ou de uma rocha sedimentar.

⁴⁰ Os antropóides modernos podem ser divididos entre os Platyrrhini (Grego *platy* = amplo) - os macacos do Novo Mundo com um nariz amplo [como os cebídeos e atelídeos] - e os Catarrhini (Grego *cata* = voltado para baixo) - os macacos e símios com nariz estreito, do Velho Mundo. Os

eles pertencerem a este tronco demonstra claramente que habitavam o velho mundo, mas não a Austrália e tampouco alguma ilha oceânica, como podemos deduzir das leis da distribuição geográfica. Em toda grande região do mundo os mamíferos viventes estão em estreita relação com as espécies extintas da mesma região. Portanto, é provável que a África fosse inicialmente habitada por símios que estão extintos, estreitamente afins ao gorila e ao chimpanzé; e como essas duas espécies são agora as duas aliadas mais próximas do homem, é um tanto quanto mais provável que os nossos primeiros progenitores habitassem o continente africano e não outro lugar. (DARWIN, 1871, p.199, tradução nossa).

Darwin chegou a tal conclusão sem possuir qualquer fóssil hominídeo primitivo. Para Coyne (2014, p.222) essa afirmação de Darwin “era pouco mais que um palpite. Não havia fósseis para dar suporte”. Segundo Leakey (1997, p.16) “na época de Darwin, os únicos fósseis humanos conhecidos eram os do homem de Neanderthal, na Europa, e estes representam um estágio relativamente tardio da evolução humana”.

Contudo, a África é um continente vasto e não há como escavar fósseis nele todo. Para Wood (2005, p.27, tradução nossa) “os paleoantropólogos procuram onde as rochas da idade certa (10 milhões de anos) foram expostas por erosão natural”. Na região do Vale da Fenda (Rift Valley⁴¹ - Figura 2) pode ocorrer em determinadas circunstâncias geológicas de o magma sofrer alta pressão e escapar como uma erupção vulcânica. Usualmente erupções vulcânicas consistem de cinzas (chamadas *tefra*), as quais são ricas em potássio e argônio⁴². Rochas formadas dessas camadas de cinzas⁴³ são chamadas “*tuffs*”. As “*tuffs*” fornecem material bruto para a datação de vários sítios de hominídeos no leste africano. Segundo Wood (2005), essas camadas de cinza têm um perfil químico distintivo, como uma ‘impressão digital’, e isso permite aos geólogos traçar não apenas uma camada de cinza vulcânica dentro de um vasto sítio fóssil, mas também através de várias centenas de quilômetros de um sítio ao outro. No leste da África os cientistas procuram por hominídeos em rochas da idade certa que foram expostas pela

Catarríneos incluem os macacos do Velho Mundo, os símios e os humanos (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

⁴¹ O Rift Valley é um complexo de falhas tectônicas criado há cerca de 35 milhões de anos com a separação das placas tectônicas africana e arábica. Essa estrutura estende-se no sentido norte-sul por cerca de 5000 km, desde o norte da Síria até ao centro de Moçambique, com uma largura que varia entre 30 e 100 km e, em profundidade de algumas centenas a milhares de metros.

⁴² Importante informação para se compreender o método da datação radioativa.

⁴³ “Às vezes a cinza vulcânica quente cai não na terra, mas na água, e os furos nos blocos de pedrapomes vulcânicas que as pessoas compram para o banheiro são causados por bolhas de ar que se formam quando a cinza quente cai na água” (WOOD, 2005, p.28, tradução nossa).

combinação de atividade vulcânica (tectonismo) e erosão dentro e ao redor do Vale da Fenda. A Garganta, ou Desfiladeiro, de Olduvai (*Olduvai Gorge*), na Tanzânia (sudeste africano), é provavelmente o exemplo melhor conhecido de um sítio no Vale da Fenda onde o tectonismo e a erosão expuseram as rochas da idade certa (WOOD, 2005).

Em relação aos contextos geológicos nos quais são encontrados fósseis hominídeos, Wood (2005) afirma que eles são encontrados em diferentes contextos, por exemplo, dentro de cavernas no sudoeste africano, sendo que uma possibilidade para o encontro desses fósseis em cavernas é que estes foram levados para lá por leopardos ou hienas, por exemplo.

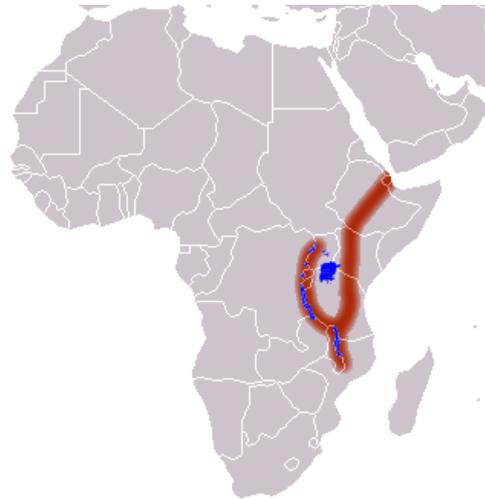


Figura 2. Vale da Fenda (Rift Valley) em vermelho – Leste da África.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Vale_do_Rift#/media/File:Great_Rift_Valley.png

Após encontrar o fóssil é necessário datá-lo, isto é, dar-lhe uma idade. Para tal intento os pesquisadores usam métodos de datação. Esses são divididos em duas categorias: datação absoluta e datação relativa. A datação absoluta é aplicada às rochas nas quais o fóssil hominídeo foi encontrado. Esse método baseia-se no conhecimento da quantidade de tempo na qual ocorrem certos processos naturais tais como o decaimento atômico (ou radioativo), a chamada meia-vida e na relação do horizonte fóssil com eventos globais precisamente calibrados tais como as inversões (causadas pelas correntes do líquido nuclear da terra) na direção do campo magnético da terra, o chamado paleomagnetismo de rocha. Esse tipo de datação é dito como “absoluta”, pois fornece uma data em *quantidade de anos*, ou seja, não fornece apenas a informação de se o fóssil é *mais recente* ou *mais antigo*

que outro fóssil. A maioria dos fósseis hominídeos dos sítios do Leste africano, tais como em Olduvai Gorge na Tanzânia, Koobi Fora no Quênia e Hadar na Etiópia, encontra-se em horizontes impressados entre camadas de cinzas vulcânicas que são ricos em isótopos de potássio e argônio. Os métodos de datação absoluta potássio/argônio e argônio/argônio são ideais para datar rochas de mais de 100 mil anos de idade, pois seu decaimento radioativo é bastante lento. O conhecido método por radiocarbono⁴⁴, ou carbono 14, é apropriado apenas para estágios recentes (até 50 mil anos) da evolução humana tais como fósseis de *H. sapiens* na Austrália e na Europa, no entanto fósseis mais velhos que 40 mil anos torna a datação por radiocarbono pouco confiável (WOOD, 2005).

A datação relativa baseia-se principalmente nos correspondentes fósseis não hominídeos encontrados em um sítio com evidência equivalente de outro sítio que foi datado de forma confiável utilizando métodos absolutos. Por exemplo, se um animal fóssil encontrado no Sítio A é similar aquele encontrado no Sítio B, pode-se assumir que Sítio A é aproximadamente da mesma idade que o Sítio B. A datação relativa fornece apenas idades aproximadas aos fósseis e menos precisas do que a datação absoluta. A datação relativa é uma datação comparativa.

Se os paleoantropólogos encontram, geralmente, apenas fragmentos de hominídeos fósseis, ou seja, fósseis raramente em boas condições, como é possível reconstruir um esqueleto fóssil inteiro a partir desses fragmentos? Para Wood (2005, p.40), essa reconstrução é um grande desafio, assemelhando-se a um complexo quebra-cabeça tridimensional. A união de fragmentos fósseis encontrados até poderia ser feita meticulosamente com as mãos, no entanto levaria centenas de horas, assim, uma nova área de pesquisa chamada “antropologia virtual” tem ajudado na reconstrução de fragmentos fósseis. Wood explica o procedimento

O fóssil é escaneado usando um laser e uma versão ‘virtual’ é mostrada na tela do computador. Os pesquisadores podem, em seguida, mover e girar cada peça em qualquer direção para ver se algumas das peças se encaixam. O software também permite que uma peça em falta de um dos lados do crânio seja substituída, através de imagem especular, por uma peça equivalente a partir do outro lado (WOOD, 2005, p.40-41, tradução nossa).

⁴⁴ O método do radiocarbono 14 pode ser auxiliado pelo método da dendrocronologia (o uso de anéis de árvores para datação relativa) (WOOD, 2005).

Essa tecnologia foi utilizada para a reconstrução virtual do crânio de *Sahelanthropus tchadensis*, um potencial hominídeo primitivo (o mais primitivo que conhecemos, com cerca de 7 milhões de anos de idade).

Após análises detalhadas da morfologia interna e externa do hominídeo fóssil é possível se chegar a uma idade aproximada (do indivíduo, não no sentido geológico) e ao sexo do fóssil. O bioantropólogo brasileiro Walter Neves destaca que as duas melhores regiões de um esqueleto para definir o sexo são o crânio e a bacia (pelve), sendo a bacia o melhor indicador, pois nas mulheres a estrutura da bacia está associada ao parto (NEVES, 2013). Quanto ao crânio, Neves (2013, p.53) explica que as “mulheres, no geral, retêm muito da morfologia adolescente, ao passo que o homem ‘adiciona’ [...] uma série de características ósseas secundárias”.

Neves (2013) pesquisa hominídeos fósseis recentes, de cerca de 2 a 12 mil anos de idade geológica. Entretanto, o problema maior é determinar o sexo de fragmentos de esqueleto de centenas de milhares ou de alguns milhões de anos. Wood (2005) afirma que mesmo que seja um esqueleto completo, ou quase completo, determinar o sexo e a idade de um hominídeo fóssil é difícil. E quando os remanescentes são pequenos fragmentos do crânio a dificuldade é ainda maior. Wood (2005, p. 41) explica que “a idade no momento da morte de um indivíduo fóssil que finalizou o crescimento é difícil determinar precisamente”, além disso, também informa que “o desenvolvimento dental pode ajudar a determinar a idade de indivíduos imaturos, mas uma vez que todos os dentes já nasceram e as raízes estão formadas a evidência dental é menos útil” (WOOD, 2005 p.41, tradução nossa). Esse pesquisador esclarece sobre as maneiras usuais de se determinar o sexo de um indivíduo fóssil: “o tamanho e a forma dos ossos e dentes, a extensão das marcas musculares e o tamanho e forma da pelve (apesar de fragmentos da pelve ser raros no registro de hominídeos fósseis)” (WOOD, 2005, p. 41, tradução nossa). Infere-se que, pelo fato dos machos primatas não-humanos serem maiores do que as fêmeas, os machos hominídeos primitivos eram maiores que suas fêmeas, isto é, que havia dimorfismo sexual. No entanto, lembra o pesquisador que quando você está lidando com uma dimensão global de um registro fóssil esparso o tamanho nem sempre é um guia confiável para o sexo (WOOD, 2005).

Após a identificação do fóssil como sendo um hominídeo, os pesquisadores precisarão inferir ou hipotetizar⁴⁵ as relações de parentesco (a filogenia) desse fóssil com os humanos modernos e com outros *taxa* de hominídeos fósseis. Para isso fazem uso de outro método de análise chamado “análise cladística” (ou filogenética). A análise cladística tem por objetivo a construção de “clados”. Clados são grupos de “organismos que descenderam de um ancestral comum” (WOOD, 2005, p.46, tradução nossa). Segundo Futuyma (2002, p.304) “um clado é toda uma porção de uma filogenia que descende de uma única espécie ancestral e, portanto, é um grupo monofilético”. Para estender um pouco tal denificação e melhor esclarecer tal conceito chave na filogenética, Bergstron e Lukatkin (2012) explicam que os agrupamentos naturais, que chamamos de clados, são grupos monofiléticos.

Um clado, portanto, sempre consiste de um grupo de espécies que compartilham um único ancestral comum. Todas as espécies que descendem desse ancestral estão no clado e, além disso, todas as espécies que não descenderam deste ancestral não são membros desse clado (BERGSTRON; LUGATKIN, 2011, p.110, tradução nossa).

O menor clado que existe consiste em apenas dois táxons e o maior clado de todos inclui todos os organismos vivos (WOOD, 2005).

O pressuposto fundamental da análise cladística é aquele que afirma que “se dois táxons compartilham a mesma morfologia, eles devem ter herdado essa morfologia do mesmo ancestral comum recente” (WOOD, 2005). Amorin (2002, p.19) também estabelece que “quaisquer duas espécies devem ter pelo menos uma espécie ancestral comum [...] quaisquer três espécies atuais, duas têm um ancestral comum que não é comum à terceira, exceto se as três foram originadas simultaneamente”.

Pelo menos quatro outros termos são indispensáveis para o entendimento adequado da cladística: *plesiomorfia* (*plesio* = quase, próximo a; *morfia* = forma), *apomorfia* (*apo* = distante, longe de; *morfia* = forma), *sinapomorfia* (*sim* = junto, *apo* = distante, longe de; *morfia* = forma) e *simplesiomorfia* (*sim* = junto, *plesio* = quase, próximo a; *morfia* = forma). Amorin (2002, p.149) define plesiomorfia como sendo “a condição mais antiga, preexistente, em uma série de transformação”; e apomorfia como o “estado derivado de um caráter [característica] em uma série de

⁴⁵ Segundo Amorin (2002, p.19, grifo do autor), “é impossível recuperar a história *completa* das relações de parentesco entre os grupos”.

transformação⁴⁶ (AMORIN, 2002, p.147). Ou seja, uma apomorfia é uma modificação de um caráter (ou característica) anterior, ou ainda, é uma característica modificada, portanto é dita como sendo derivada de caráter anterior, preexistente. O caráter anterior, ancestral ou primitivo é o plesiomórfico; o caráter derivado do plesiomórfico é o apomórfico. Em outras palavras, o caráter apomórfico é o plesiomórfico modificado. Amorin (2002, p.148) define os outros dois termos da seguinte maneira: *sinapomorfia* é o “compartilhamento da condição apomórfica de um caráter por um grupo, supostamente exclusiva dele” e *simplesiomorfia* como sendo o “compartilhamento da condição plesiomórfica de um caráter por um conjunto de populações ou de espécies, considerando uma forma apomórfica derivada dela” (AMORIN, 2002, p.148).

É possível através da análise da morfologia funcional dos fósseis inferir como eles viviam suas vidas. Segundo Wood (2005, p.53-54, tradução nossa), a “morfologia funcional significa olhar para um osso ou dente e considerar quais funções ele executa melhor e mais frequentemente”. O pesquisador esclarece que “a forma das articulações dos dedos e o comprimento dos dedos e do polegar fornece indicativos quão bem hominídeos primitivos poderiam agarrar objetos” (WOOD, 2005, p.54, tradução nossa). A morfologia funcional pode ajudar a reconstruir a dieta dos hominídeos primitivos. A forma de um dente reflete o que comiam. Reconstruir a dieta dos hominídeos primitivos através da análise dos dentes é uma forma *indireta* de evidências. Uma forma *direta* de evidência a respeito da dieta dos hominídeos vem da análise de isótopos estáveis. “Essa forma de análise mede os isótopos de carbono, nitrogênio e oxigênio em ossos fósseis ou dentes e, em seguida, combina o padrão encontrado no fóssil com os padrões observados em animais vivos cujas dietas são conhecidas” (WOOD, 2005, p.54, tradução nossa).

Após essa breve explanação a respeito da descoberta, contexto, datação, análise, interpretação e cladística, concernente aos hominídeos fósseis, entraremos nas interações polêmicas (controvérsias científicas) no âmbito da evolução biológica humana. Primeiramente abordaremos a interação polêmica “Johanson-Leakey” de 1979, a respeito do fóssil hominídeo *Australopithecus afarensis* (“Lucy”). Logo em

⁴⁶ Segundo Amorin (2002, p.149) uma *série de transformação* é uma “sequência de mudanças evolutivas ocorrida entre dois ou mais estados de caracteres homólogos e diferentes entre si, em que a condição mais antiga – plesiomórfica – foi transformada na outra ou nas outras formas, apomórficas”. Sinônimo de morfocline (FUTUYMA, 2002, p.318).

seguida abordaremos em maiores detalhes, pois trata-se de um dos focos desse trabalho, a interação polêmica “White-Sarmiento” de 2010, a respeito do suposto fóssil homínido *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”).

2.1.2. O caso *Australopithecus afarensis* (“Lucy”) e a Interação Polêmica “Johanson-Leakey”

Entendemos que seja importante apresentar a polêmica acerca de *Australopithecus afarensis*, pois se trata de um fóssil de extrema importância para a paleoantropologia (e para a ciência), além de apresentar uma polêmica do tipo *disputa* (segundo o conceito de Marcelo Dascal) entre dois paleoantropólogos importantes da época (e ainda hoje bastante respeitados). Essa polêmica também tem relevância por contrastar-se com a polêmica do tipo *discussão* encontrada no debate sobre *Ar. ramidus* entre White e Sarmiento (discutida e analisada no item 2.1.3).

Em 18 de fevereiro de 1979 apareceu estampada na parte inferior da primeira página do jornal norte-americano *The New York Times*, sob a lavra do jornalista científico Boyce Rensberger, a controvérsia científica “Leakey-Johanson”. Abaixo da foto (na primeira página do jornal) encontrava-se o título: “antropólogos rivais divergem sobre achado ‘pré-humano’” (HELLMAN, 1999, p.205). As primeiras linhas diziam:

Dois famosos antropólogos lançaram hoje contestações recíprocas, abrindo o que se pode tornar um extenso debate sobre se um achado, no mês passado, é de fato uma nova espécie de criatura pré-humana, ancestral de todas as outras formas conhecidas de seres humanos e humanóides. Richard Leakey, o antropólogo do Quênia, está contestando o anúncio no mês passado por dois cientistas americanos [D. Johanson e T. White] de que teriam descoberto essa nova espécie. O Dr. Donald C. Johanson, um dos americanos, participou juntamente com o Sr. Leakey de um simpósio sobre evolução humana e defendeu vigorosamente sua interpretação (RENSBERGER, 1979 apud HELLMAN, 1999, p.205-206).

A interpretação defendida por Donald C. Johanson era de que os quase 40% de esqueleto desenterrado em 1974 e com cerca de 3 milhões de anos de idade era uma nova espécie de homínido. Para Richard Leakey simplesmente “não havia

suficiente evidência fóssil para sustentar a alegação de Johanson” e que ela, “Lucy”, deveria ser mantida em uma “conta suspensa” (HELLMAN, 1999, p.219).

O esqueleto desenterrado por Donald Johanson fora chamado cientificamente de *Australopithecus afarensis* (*Australo* = sul; *pithecus* = macaco; *afarensis* = região de Afar) e apelidado de “Lucy⁴⁷”. Um dos colegas de Johanson, o paleoantropólogo Tim White (a quem daremos grande ênfase no item 2.1.3), o ajudara na interpretação de que “Lucy” representava uma nova espécie de homínido e de que a pelve, o fêmur e a tíbia indicavam sua bipedia⁴⁸. Hellman (1999) cita a escritora Viginia Morell, a qual escrevera uma biografia⁴⁹ da família Leakey, e que afirma que Johanson estava obcecado para vencer os Leakey e obcecado pelos fósseis. Era a obsessão de encontrar o famoso “elo perdido” da humanidade. Morell (1995 apud HELLMAN, 1999, p.217) reproduz as palavras do francês Maurice Taieb, o outro paleoantropólogo líder da expedição junto com Johanson: “Johanson começou a agir como se ele fosse o líder, querendo tudo para si próprio e tudo isso só porque queria passar à frente de Richard”. E no momento da descoberta Johanson teria dito, ao erguer os ossos da perna, braço e mão para a câmera, segundo Morell, citado por Hellman: “Ei Richard, veja este aqui! Este é um dos bons! Peguei você, Richard, agora eu peguei você!” (MORELL, 1995 apud HELLMAN, 1999, p.217). Para Johanson, após o achado fóssil de *A. afarensis*, todas as teorias anteriores a respeito das origens humanas deveriam ser revisadas.

Em um controverso debate no programa televisivo *Universe* de Walter Cronkite, de 1981, a rivalidade se agravou. Richard pensava ter caído em uma armadilha, não necessariamente preparada por Johanson, afinal haviam lhe garantido de que não seria um debate, mas uma conversa sobre evolução humana e criacionismo. Segundo Johanson a rivalidade entre eles era em boa parte inventada pela imprensa. Os dois paleoantropólogos discordavam quanto à filogenia (parentesco evolutivo) que representava as relações evolutivas dos homínidos primitivos. Johanson apresentou uma árvore e Leakey fez um grande X sobre ela, pois defendia que “simplesmente não havia evidência fóssil suficiente para uma decisão incontestável, e desenhou um grande ponto de interrogação do outro lado

⁴⁷ O nome “Lucy” se deve à música “Lucy in the Sky with Diamonds”, da banda inglesa The Beatles, a qual os pesquisadores estavam ouvindo no momento da descoberta do fóssil.

⁴⁸ Caminhar ereto através de dois membros (os membros inferiores – as pernas).

⁴⁹ MORELL, V. *Ancestral Passions – The Leakey Family and the Quest for the Humankind’s Beginnings*. New York: Touchstone, 1996. 619p.

do papel” (HELLMAN, 1999, p.220). Johanson insistia que era ele mesmo quem houvera vencido.

Esse evento ocorrera em 1981 e a partir de então os dois cientistas não mais se falaram. Richard Leakey começou a se retirar do campo de pesquisas em 1984 alegando simplesmente interesse por outras áreas e outros afazeres, inclusive ingressando na política posteriormente. Recusava conferências e encontros. Richard Leakey evitou, ao longo de muitos anos posteriores, fazer quaisquer comentários a respeito das declarações ou das pesquisas realizadas por Donald Johanson (HELLMAN, 1999). Em 1994, obtiveram-se novos achados. Entre os cientistas que mais contribuíram estavam Meave Leakey (esposa de Richard Leakey). Em um lugar ermo chamado Kanapoi (no vale da fenda), cujos sedimentos datam de 4 a 5 milhões de anos, a equipe desenterrou espécimes de homínídeos de 4,2 a 3,9 milhões de anos. Os fósseis parecem ser de uma espécie diferente e foram denominados *Australopithecus anamensis* (*Australo* = sul; *pithecus* = macaco; *anamensis* = região de anam; *anam* = lago).

Segundo os critérios adotados pelo filósofo Marcelo Dascal (2005) essa polêmica entre os dois cientistas parece estabelecer a *disputa* como o tipo dominante, pois um cientista está tentando, explícita e publicamente, “vencer” o outro, Johanson tenta “vencer” Leakey. Ou seja, um cientista busca, antes de tudo, vencer o adversário e, talvez, impor a “sua verdade”. No entanto, lembramos Dascal (1994) quando afirma que numa interação polêmica os três tipos estão presentes e não é fácil separá-los. E lembramos também que, mesmo que o tipo dominante seja a *disputa*, não significa que não exista uma verdadeira contenda teórica, de conteúdo, de fundo.

Nesse caso percebemos o quão competitiva é a ciência e como fatores não epistêmicos podem influenciar na contenda e até serem determinantes, entretanto os fatores epistêmicos também se fazem presentes. Além disso, é necessário ter cautela para que a afirmação em relação a um fator ou outro não seja apenas uma questão de ênfase, ou seja, de oferecer um destaque ou relevo maior para essa, ou aquela, atitude ou conteúdo.

Podemos nos questionar sobre a origem de tal *disputa* entre os dois cientistas. Além da ambição natural do reconhecimento científico de um cientista por parte de seus pares e por parte da comunidade científica, havia a busca pelo “elo perdido” que, à época, conferiria um alto valor de *status* científico ao cientista que o

encontrasse (HELLMAN, 1999). Nessa interação polêmica percebemos como a ambição por reconhecimento científico pode desempenhar relevante papel no processo de construção do conhecimento científico.

Em maio de 2011 os paleoantropólogos Donald Johanson e Richard Leakey se encontraram no Museu Americano de História Natural, em Nova York para discutir as origens humanas. Foi a primeira vez que Leakey e Johanson compartilharam um palco desde o programa televisivo *Universe* em 1981. Leakey falou os trabalhos que a sua família (incluindo os pais Louis e de Mary, esposa Meave e filha Louise) e colaboradores realizaram na África Oriental há mais de 50 anos. Ele destacou que o público muitas vezes não acredita nas afirmações dos paleoantropólogos sobre a evolução humana, em parte porque uma grande quantidade de fósseis mais antigos podem não parecer semelhantes aos humanos modernos, e propôs que os cientistas tomar um rumo diferente ao falar sobre nossas origens, por exemplo, iniciar enfocando o humano moderno e partir daí iniciar a volta no tempo, trabalhar para trás (WONG, 2011, tradução nossa).

Johanson descreveu alguns dos desafios que os cientistas enfrentam em estudar as origens humanas, observando as questões em torno de fósseis que antecedem os *Australopithecus* e que são considerados os primeiros ancestrais humanos, como *Ardipithecus* ("Ardi"), da Etiópia, *Orrorin* do Quênia, e *Sahelanthropus* do Chade. Ele destacou a importância de *Ardipithecus* a respeito das controvérsias científicas sobre se realmente se trata de uma criatura da linhagem humana. Johanson falou rapidamente de Lucy e da importância das pesquisas na área (WONG, 2011, tradução nossa). Nesse encontro não houve discussão ou desacordo sobre o status de Lucy como ancestral humano. A seguir trataremos das pesquisas relacionadas à *Ardipithecus ramidus* ("Ardi"), o foco principal dessa dissertação.

2.1.3. O Caso *Ardipithecus ramidus* ("Ardi") e a Interação Polêmica "White-Sarmiento"

A divulgação referente ao fóssil ocorreu mediante uma série de 11 artigos publicada na revista científica estadunidense *Science* em 2009, sob a liderança do paleoantropólogo norte-americano Tim White, da Universidade da Califórnia, Berkeley. Tim White defende *Ardipithecus ramidus* como sendo um homínídeo que

vivera após a divergência africana símios-humanos. Entretanto, essa conclusão é contestada pelo também paleoantropólogo Esteban Sarmiento da Fundação de Evolução Humana, em Nova Jersey, através da publicação de um artigo na mesma revista, em 2010. Para a compreensão dessa interação polêmica e dos conhecimentos científicos envolvidos iniciaremos com a apresentação do artigo 1 publicado na Science em 2009 e pequenos trechos ou figuras dos artigos 2 ao 11 quando necessários. Abaixo apresentamos o Quadro 3 mostrando as datas de recebimento, aceitação e publicação dos artigos científicos referentes a *Ardipithecus ramidus* em 2009 e 2010.

Quadro 3. Datas de recebimento, aceitação e publicação dos artigos de White e equipe e de Sarmiento referentes ao fóssil *Ardipithecus ramidus*.

	Recebimento	Aceitação	Publicação
WHITE	04 de maio de 2009	08 de setembro de 2009	02 de outubro de 2009
SARMIENTO	02 de novembro de 2009	26 de abril de 2010	28 de maio de 2010
WHITE	22 de dezembro de 2009	04 de maio de 2010	28 de maio de 2010 ⁵⁰

Fonte: SCIENCE (2009; 2010).

2.1.3.1. A Defesa de “Ardi” como Hominídeo

A equipe do paleoantropólogo Tim White desenterrou em 1992 os primeiros fósseis de um suposto hominídeo o qual recebera, primeiramente, o nome científico de *Australopithecus ramidus* e, posteriormente, *Ardipithecus ramidus* (*Ardi* = terra, terrestre, chão; *pithecus* = macaco; *ramidus* = raiz, origem) e fora apelidado de “Ardi”. No decorrer do texto o gênero *Ardipithecus* será abreviado por *Ar.* e o gênero *Australopithecus* por *Au.*

Esses primeiros fósseis se resumiam em dentes e fragmentos de mandíbula, publicando o achado em 1994 na revista científica britânica *Nature*⁵¹. A partir de então foram mais 15 anos de busca, nos quais 45% do esqueleto de “Ardi” foram encontrados. Isso resultou em 2009 em uma publicação inteira da revista

⁵⁰ Percebemos que a crítica de Sarmiento e a resposta de White a essa crítica são da mesma data (28 de maio de 2010), portanto, provavelmente, White tenha lido a crítica anteriormente a essa data, afinal os dois textos (crítica e resposta à crítica) foram publicados na mesma edição (mesma data) da Science.

⁵¹ WHITE, T. D.; SUWA, G.; ASFAW, B. *Australopithecus ramidus*, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia. In. **Nature** 371: 306-312. 1994.

estadunidense *Science* impressa, em 2 de outubro, totalizando 11 artigos⁵². Isso se deveu ao esforço conjunto de uma grande equipe de pesquisadores de todo o mundo, tendo como líder o paleoantropólogo Tim White. Nesse trabalho utilizaremos principalmente o artigo 1, “*Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids” (*Ardipithecus ramidus* e a Paleobiologia de Hominídeos Primitivos), pois trata-se de um artigo estendido que aborda a paleobiologia geral de *A. ramidus*, o que para as finalidades do presente trabalho se faz oportuno. Nas palavras do próprio White

Os 11 artigos dessa edição, o que representa o trabalho de uma grande equipe internacional com diversas áreas de especialização, descrevem *Ardipithecus ramidus*, uma espécie de homínídeo datada em 4,4 Ma [milhões de anos], e o habitat em que ele viveu na Fenda [Rift] de Afar na região nordeste da Etiópia. Essa espécie, que é substancialmente mais primitiva do que *Australopithecus*, resolve muitas incertezas sobre o início da evolução humana, incluindo a natureza do último ancestral comum que compartilhamos com a linha que conduz aos chimpanzés e bonobos atuais (WHITE et al., 2009, p.64, tradução nossa).

Abaixo (Figura 3) vemos a capa da revista *Science*, edição de 2 de outubro de 2009:

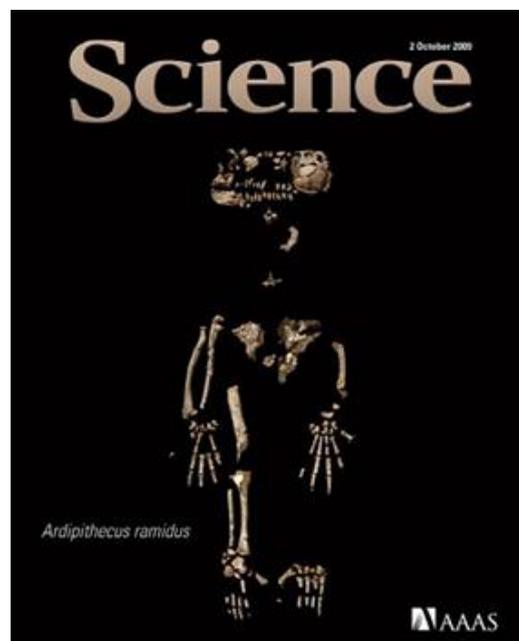


Figura 3. Edição da revista *Science* de 2 de outubro de 2009 com o esqueleto de “Ardi” – *Ardipithecus ramidus* – na capa. Fonte: <http://www.sciencemag.org/content/326/5949.cover-expansion>, 2009.

⁵² Foram 11 artigos no formato resumido, com sumários. Desses 11 artigos, os artigos 1, 4, 6 e 10 foram apresentados de forma estendida. Para acesso a todos os artigos completos e textos e tabelas adicionais pesquisar em www.sciencemag.org/ardipithecus/.

White e equipe (2009, p.64, tradução nossa) resumem o artigo referente à Paleobiologia de *Ardipithecus ramidus*: “*Ar. ramidus*, descrito pela primeira vez em 1994, a partir de dentes e fragmentos de mandíbulas, agora [2009] é representada por 110 espécimes [fragmentos fósseis], incluindo um esqueleto feminino parcial recuperado da degradação pela erosão” e afirmam a respeito de outras características: “Esse indivíduo pesava cerca de 50 kg e media 120 cm de altura. No contexto dos muitos outros indivíduos recuperados dessa espécie, nos sugere pouca diferença de tamanho entre machos e fêmeas”. Essa pouca diferença de tamanho entre machos e fêmeas sugere pouco dimorfismo sexual. Segundo as interpretações dos pesquisadores “o tamanho do cérebro [de *Ar. ramidus*] era tão pequeno quanto o dos chimpanzés atuais”. Também inferem sobre a agressão social afirmando que “os numerosos dentes recuperados e um crânio, em boa parte completo, mostram que *Ar. ramidus* tinha um rosto pequeno e um reduzido complexo canino/pré-molar, indicativo de agressão social mínima”. A respeito da estrutura dos membros e da locomoção de “Ardi” os pesquisadores concluem que o suposto homínido se locomovia bem nas árvores, no entanto não mostra qualquer adaptação para suspensão, escalada vertical ou nodopedalia⁵³:

As suas mãos, braços, pés, pelve, pernas coletivamente revelam que ela [“Ardi”] se movia habilmente nas árvores, apoiada em seus pés e palmas das mãos (escalagem palmígrada), mas faltavam quaisquer características típicas da suspensão, de escalada vertical, ou de nodopedalia dos gorilas e dos chimpanzés modernos (WHITE et al., 2009. p.64, tradução nossa).

White e equipe defendem a presença de bipedalismo em “Ardi”, no entanto não seria o mesmo de *Australopithecus*, isto é, o bipedalismo de “Ardi” era mais primitivo do aquele de “Lucy”. Além disso, argumentam que “Ardi” vivera em um ambiente fechado (num bosque arborizado) e não aberto como as savanas, utilizando como evidência para tal alegação a ausência em “Ardi” de mastigação “pesada” típica de ambientes abertos, além da análise por radiocarbono da dentição e análise de fósseis vegetais juntos ao esqueleto parcial de “Ardi” (WHITE et al., 2009, p.64, tradução nossa). Essa alegação contesta a tradicionalmente aceita

⁵³Também chamado de Nodopedalismo e Nodelismo é o “andar sobre os nós dos dedos”, ou o “andar sobre as juntas/articulações dos dedos” ou o “andar com as mãos”, como fazem os chimpanzés, por exemplo.

“hipótese da savana⁵⁴”. Além disso, esses pesquisadores concluem que o ancestral comum humanos-símios africanos (chimpanzés e bonobos) não era semelhante aos chimpanzés e bonobos, isto é, “*Ar. ramidus* indica que o ancestral comum mais recente de humanos e símios africanos não era semelhante a chimpanzés” (WHITE et al., 2009, p.64, tradução nossa). A equipe de White argumenta que o fóssil *Ardipithecus*, junto aos fósseis *Orrorin* e *Sahelanthropus*⁵⁵ desafiam os dois modelos (ou hipóteses), tradicionalmente aceitos pela comunidade científica (o da savana e o do último ancestral comum chimpanzé-semelhante).

A área em que o fóssil foi descoberto trata-se de um sítio paleontológico ao longo do rio Awash na Etiópia, chamada de Médio Awash (Figura 4). As primeiras pesquisas foram realizadas, pela equipe de White, em 1981. Em seguida foi realizado um programa sistemático em 1992. Os primeiros fósseis de homínídeos foram encontrados na ARA-VP-1 (Aramis – Paleontologia de Vertebrados – Localidade 1; é uma das localidades onde se dividiu a grande área [em Aramis] e onde fósseis homínídeos foram encontrados), em 17 de dezembro de 1992. As pesquisas iniciais produziram 649 vertebrados catalogados, incluindo um número mínimo de 17 indivíduos homínídeos representados principalmente por dentes. Quatorze sublocalidades dentro da localidade original ARA-VP-1 foram delimitadas e sujeitas a coletas repetidas de todos os remanescentes biológicos entre 1995 e 2005, ao longo dos afloramentos erodidos. O conjunto de vertebrados totalizou mais de 6000 espécimes⁵⁶, incluindo 109 espécimes de homínídeos que representam um mínimo de 36 indivíduos (WHITE et al., 2009, p.76, tradução nossa).

⁵⁴ Segundo essa teoria (também chamada de hipótese dos campos abertos) os ancestrais dos seres humanos “desceram das árvores” e se adaptaram a uma vida nos campos abertos (nas savanas africanas). A maior parte das características anatômicas do ser humano foi desenvolvida em resposta a este novo modo de vida. Disponível em: <http://humanorigins.si.edu/research/climate-research/effects>. Acesso em 15 mar. 2015. A origem desta teoria é normalmente atribuída a Raymond Dart. A Hipótese da Savana talvez tenha surgido como consequência do descobrimento de um fóssil homínídeo, popularmente conhecido como Taung-Baby (“Criança de Taung”), um *Australopithecus africanus*. Os primeiros fósseis de *A. africanus* foram encontrados na África do Sul em 1924; a descrição desta descoberta foi feita na revista *Nature* por Raymond Dart em 1925. Entretanto, essa teoria pode ser mais antiga e remontar às ideias de Lamarck, no início do séc. XIX. Disponível em: <http://jornalgggn.com.br/blog/joao/teoria-da-savana>. Acesso em 10 abr. 2015.

⁵⁵ Referente à descoberta de *Sahelanthropus* e *Orrorin*, o paleontólogo britânico Michael J. Benton (2012, p.175) nos diz que “houve muitas brigas e xingamentos sobre os respectivos achados”.

⁵⁶ Fragmentos fósseis.

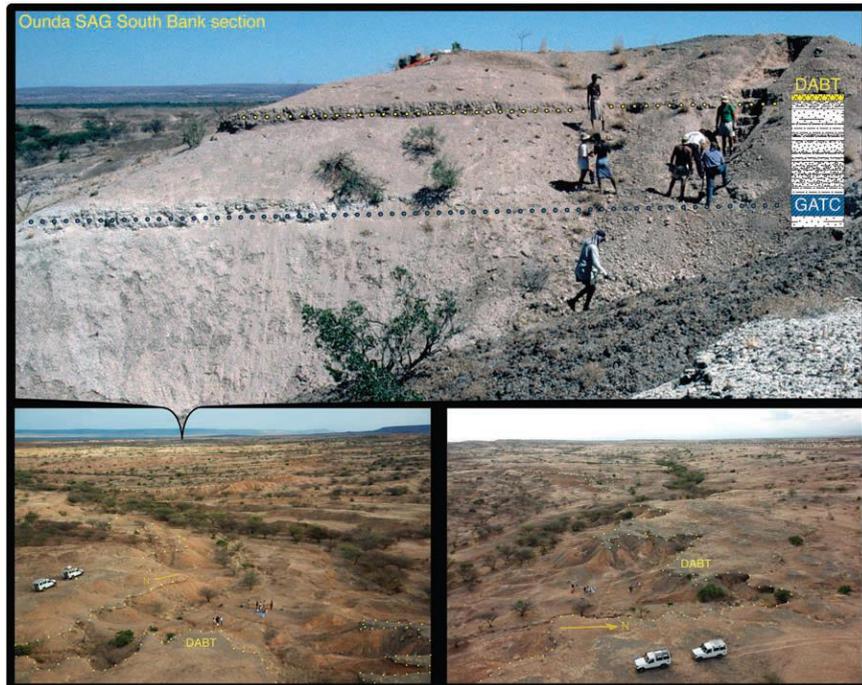


Figura 4. Geografia e Estratigrafia da região de Aramis. Dois horizontes (DABT e GATC) vulcânicos datados compreendem o intervalo estratigráfico principal relacionado à *Ardipithecus* na região de Aramis. O quadro maior acima mostra os horizontes. Os quadros inferiores são visões contemporâneas de helicóptero sobre ARA-VP-1. O quadro inferior da esquerda mostra a superfície ao leste, parte da Formação Sagantole em direção ao rio Awash moderno. O quadro inferior da direita é uma visão da Aramis moderna tomada de cima. A localidade ARA-VP-6 onde o esqueleto parcial de *Ardipithecus* foi escavado é próxima ao seu canto superior direito. Fonte: White et al., 2009, p.76, tradução nossa.

Após os fragmentos fósseis coletados e levados ao laboratório outros procedimentos foram realizados para que os espécimes fósseis se mantivessem intactos e protegidos da degradação. Além disso, novas tecnologias de imagem foram utilizadas para potencializar a visualização e montagem e a melhorar a interpretação dos fragmentos. A Figura 5 mostra a reunião dos fragmentos fósseis para a montagem do esqueleto parcial de *Ar. ramidus*.



Figura 5. O esqueleto da ARA-VP-6/500. Esta é uma fotografia composta para mostrar a disposição aproximada dos elementos recuperados. Alguns pedaços encontrados separadamente na escavação estão reunidos aqui. Fonte: White et al., 2009, p.77, tradução nossa.

O ambiente no qual vivera “Ardi” era arborizado e não aberto e árido como se tem defendido tradicionalmente nos meios científicos. Afirmam os pesquisadores que “a riqueza de dados permite uma representação de alta fidelidade das comunidades ecológicas e dos ambientes habitados por *Ar. ramidus* há 4,4 Ma” (WHITE et al., 2009, p.78, tradução nossa). White e equipe defendem que “localidades relacionadas aos hominídeos são ricas em fragmentos de madeira, sementes fossilizadas e fósseis de animais” (WHITE et al., 2009, p.78, tradução nossa). Mais dados sustentam o argumento da arborização: “Isótopos de carbono vindo dos dentes de cinco indivíduos de *Ardipithecus* encontrados sugerem que eles se alimentavam largamente de plantas C_3 ⁵⁷ em bosques e/ou entre pequenas áreas de florestas na vizinhança” (WHITE et al., 2009, p.78, tradução nossa). Assim, White e equipe contestam a hipótese tradicional da savana para as origens humanas.

Os pesquisadores compararam os dentes e o crânio de “Ardi” com os dentes e crânio de outros gêneros de hominídeos primitivos como *Sahelanthropus*

⁵⁷ São as árvores tropicais em geral, plantas que utilizam apenas o ciclo de Calvin, ou via C_3 , na fixação do CO_2 ; o primeiro produto estável é o composto de três carbonos, 3-fosfoglicerato (RAVEN, 2001). A maioria das plantas fixa CO_2 atmosférico através do processo fotossintético C_3 (TATTERSALL, 2013).

(“Toumai”⁵⁸), descoberto em 2002, e *Australopithecus* (“Lucy”), descoberto em 1974, e também com símios atuais como *Pongo* (orangotango), *Gorilla* (Gorila) e *Pan* (Chimpanzé e Bonobo). A equipe de White interpreta que “a maioria dos aspectos da estrutura craniofacial de *Sahalanthropus/Ardipithecus* está provavelmente próxima do estado dos símios africanos e dos homínídeos ancestrais”.

A partir da dentição é possível inferir também um provável comportamento social da espécie. Segundo os pesquisadores “a evolução do complexo canino/terceiro pré-molar inferior (C/P₃)⁵⁹ ilumina potencialmente o comportamento social e reprodutivo” (WHITE, 2009, p.79, tradução nossa). Foram analisadas amostras de caninos de 21 indivíduos de *Ar. ramidus* na região de Aramis em Afar e não foram percebidas diferenças funcionais dimórficas entre os sexos, isto é, não se identificou caninos maiores, por exemplo, nos machos que sugerisse algum comportamento agressivo (armamento) e de exibição. Também não se detectou evidência de amolação (afiamento) dentária. Concluiu-se, portanto, que “os caninos não eram um importante componente das relações sociais e comportamentais do adulto” (WHITE, 2009, p.79, tradução nossa).

A região do esqueleto chamada “pós-cranial” é aquela que exclui o crânio e a dentição, ou seja, a pelve faz parte do esqueleto “pós-cranial”. White e equipe fazem uma descrição da pelve (Figura 6) de “Ardi” e concluem que as modificações parciais permitem o bipedalismo, porém facultativo.

⁵⁸ “Toumai” vem da língua *djurab* falada na região do Sahel (sul do Saara) no Chade (África), onde o fóssil foi descoberto. É o nome dado às crianças nascidas logo antes da estação das chuvas e quer dizer “esperança de vida” (PICQ, 2012). Outra tradução possível para Toumai é “criança que nasceu na estação seca” (DALGALARRONDO, 2011). Dalgalarondo cita a língua local como sendo o “goran”.

⁵⁹ “Um espaço entre os dentes, chamado diastema (entre os caninos e pré-molares da arcada inferior e entre os caninos e incisivos da arcada superior), facilita a acomodação de seus grandes dentes quando a boca se fecha. Essa conformação dentária é denominada de complexo CP₃ (sigla que faz referência ao complexo afiador formado entre o canino e o primeiro pré-molar inferior), ou de “mastigação afiadora”, e é mais desenvolvida nos machos, tendo um papel nas relações sociais e estabelecimento de hierarquia nos primatas” (GRATÃO; RANGEL JR; NEVES, 2015, p. 103).

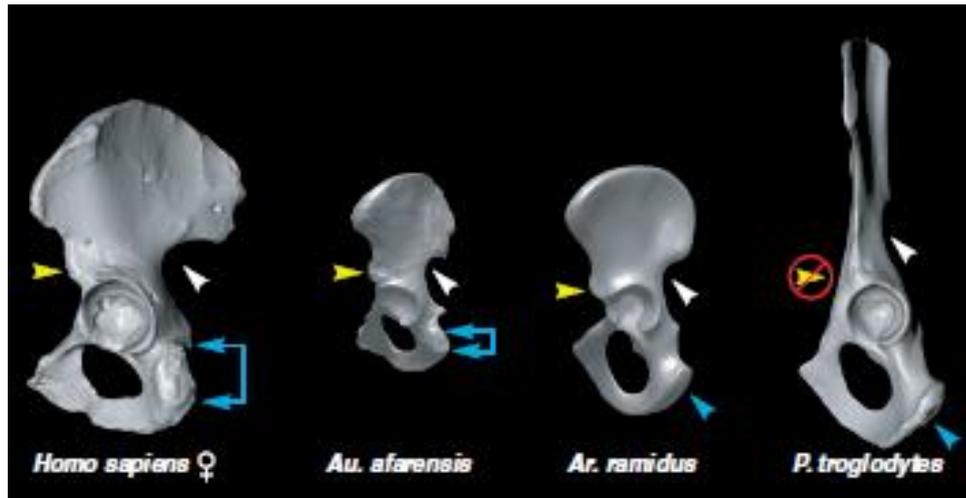


Figura 6. A pelve de *Ar. ramidus* tem um mosaico de caracteres, tanto para o bipedalismo quanto para a escalada. Da esquerda para a direita: Humano, *Au. afarensis* ("Lucy"), *Ar. ramidus* ("Ardi") e *Pan* (chimpanzé). A superfície isquiática é angulada perto de seu ponto médio, viradas para cima em "Lucy" e no humano (setas azuis duplas), mostrando que suas superfícies sofreram transformação para o bipedalismo avançado, ao passo que são primitivas no chimpanzé e em *Ar. ramidus* (setas azuis únicas). O íleo de todos os três hominídeos é verticalmente curto e horizontalmente largo, formando uma maior incisura ciática (setas brancas) e que está ausente em *Pan*. Um sítio singular de crescimento [a espinha ilíaca inferior anterior (setas amarelas)] também está ausente em *Pan*. Fonte: Lovejoy et al., 2009a, p.71, tradução nossa.

Os pés de "Ardi" (Figura 7) eram um órgão preênsil bastante eficaz. A partir dessas análises os paleoantropólogos concluem que "o pé de *Ar. ramidus* é um amálgama de caracteres primitivos retidos tanto quanto de traços especializados para o habitual bipedalismo" (LOVEJOY et al., 2009b. p.72, tradução nossa).



Figura 7. O esqueleto do pé de *Ar. ramidus* (inferior; reconstrução baseada em tomografia computadorizada) não apresenta várias características que evoluíram para a suspensão e escalada vertical avançada nos chimpanzés modernos (*Pan*, superior esquerdo). Chimpanzés têm o meio do pé altamente flexível e outras adaptações que melhoram a sua capacidade para agarrar substratos. Estes estão ausentes em *Ar. ramidus*. Fonte: Lovejoy et al., 2009b, p.72, tradução nossa.

As análises da estrutura das mãos e do pulso são fundamentais para identificar se o animal hominídeo se locomovia por nodelismo e afirmam ainda que “os hominídeos nunca tiveram nodelismo” (LOVEJOY et al., 2009b. p.72, tradução nossa). Abaixo (Figura 8) uma possível reconstrução de *Ar. ramidus*.

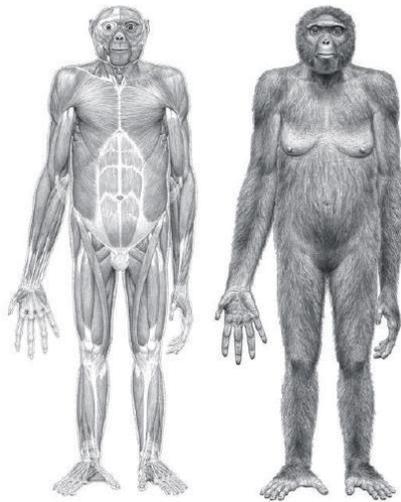


Figura 8. Restauração de “Ardi” por Jay Matternes.

Fonte: Switek, 2009.

Quanto ao último ancestral comum de hominídeos e símios africanos afirmam os pesquisadores que “*Ar. ramidus* demonstra que o último ancestral comum de humanos e símios africanos era morfologicamente mais primitivo do que se previa, exibindo numerosos caracteres remanescentes de hominoides do Mioceno Inicial e Médio” (WHITE et al., 2009, p.81, tradução nossa).

Dessa forma, podemos afirmar que *Ar. ramidus* possuía capacidade de andar de forma ereta (ortogradia), além de poder subir em árvores. Porém, ela não poderia percorrer distâncias muito longas, devido à ausência da estrutura em arco em seus pés. *Ar. ramidus* não é tão parecido aos chimpanzés como era esperado. Aparentemente Ardi se deslocava de pé, e não apoiada nos nós dos dedos, isso fazem-na mais similar aos humanos, enquanto que a presença de um polegar opositor (preênsil) nos pés mostra as suas semelhanças com gorilas e chimpanzés

Segundo White e equipe (2009), o estudo de *Ar. ramidus* iluminou não apenas a evolução dos hominídeos, mas também dos grandes símios por exemplo,

que seriam os parentes colaterais⁶⁰ dos hominídeos. White e equipe, após mais de 15 anos de pesquisas e análises, chegam às seguintes conclusões finais a respeito de *Ardipithecus ramidus* – “Ardi” e suas relações evolutivas.

Ar. ramidus indica que nenhum símio moderno é um representante real para a caracterização da evolução de hominídeos primitivos [...]. Pelo contrário, *Ar. ramidus* revela que o último ancestral comum que compartilhamos com os chimpanzés (CLCA) era provavelmente um palmígrado quadrúpede arbóreo escalador/trepador que não possuía especializações para suspensão, escalagem vertical ou nodelismo. O CLCA provavelmente também combinava dimorfismo moderado dos caninos com um dimorfismo mínimo do tamanho do corpo e do crânio (WHITE et al., 2009, p.85, tradução nossa).

Todas essas comparações de estruturas do crânio, da dentição e do pós-crânio realizadas por White (2009) foram utilizadas para a elaboração de uma tabela chamada de *Tabela 1* (apresentada resumida, a seguir, no Quadro 4) no artigo original. Nela constam as comparações realizadas de 26 estruturas do esqueleto de “Ardi” com os fósseis hominídeos de *Sahelanthropus tchadensis*, *Orrorin tugenensis*, *Ardipithecus kadabba*, *Australopithecus anamensis* e *Australopithecus afarensis*. O paleoantropólogo Esteban Sarmiento (2010) contesta os dados dessa tabela. Essa contestação é apresentada no item 2.1.3.1.

Quadro 4 – Apresenta a reunião dos caracteres derivados-compartilhados entre táxons de hominídeos primitivos. Nesse quadro reunimos apenas algumas informações extraídas da *Tabela 1* do artigo original. Para acesso completo e detalhado das informações da *Tabela 1* consultar o artigo original.

Caracteres craniomandibulares	LCA⁶¹ humanos/chimpanzés (INFERIDO)	<i>Ar. ramidus</i>
TMJ eminência articular	Plana	Plana
Largura do corpo da mandíbula	Indeterminada	Corpo mandibular amplo
Forâme mental	Indeterminada	Circum corpo médio
Proeminência mandibular alateral	Fraca	Fraco
Rais do ramo / sulco extramolar	Raiz posterior, sulco estreito	Raiz posterior, sulco estreito
Inclinação sinfiseal	Forte	Forte
Posição do básion	Ligeiramente posterior	Anterior
Flexão da base do crânio	Flexão médio-sagital moderada, kipose orbital mínima	Avançada
Largura da face média	Não extrema	Não extrema
Raiz do zigomático	Raiz do zigomático c. M1 (molar 1)	Raiz zigomática c. M1
Passo do incisivo/canino inferior	Presente	Presente

⁶⁰ É o vínculo de parentesco que se estabelece entre dois táxons devido a existência de um ancestral comum.

⁶¹ Último Ancestral Comum.

Caracteres Dentais	LCA humanos/chimpanzés (INFERIDO)	<i>Ar. ramidus</i>
Corte setorial C/P3	Presente, forte nos machos	Ausente
Dimorfismo do tamanho do canino	Dimórfico	Redução adicional?
Tamanho do canino em relação à fêmea	Moderado	Moderado
Feminização da forma do canino superior	Não feminizado nos machos	C (canino) do macho feminizado na forma
Feminização da forma do canino inferior	Machos com coroa superior, tubérculo não distal	Feminizado
Espessura do esmalte do canino	Fina	Fina
Terceiro pré-molar inferior – desgaste	Afiado	Não afiado
Terceiro pré-molar superior – fóvea anterior	Não desenvolvida, face anterior abrupta	Distinto
Molar decíduo inferior – forma da coroa	Bucolingualmente estreita	Bucolingualmente estreita
Molares – forma do molar inferior	Indeterminada	Relativamente mais ampla
Espessura do esmalte do molar	Intermediária, variável	Intermediária, variável
Erupção do canino	Machos com erupção canina atrasada	Ausência da erupção atrasada do canino
Gradiente de desgaste molar para pré-molar	Baixo desgaste de P3	Baixo desgaste de P3
Caracteres Pós-craniais	LCA humanos/chimpanzés (INFERIDO)	<i>Ar. ramidus</i>
Istmo ilíaco	Superoinferiormente longo	Curto
Sínfise púbica	Superoinferiormente longo	Curto
Orientação istmo ilíaco/íleo	Corona	Sagital
Largura do ilíaco	Moderadamente ampla	Levemente ampliada
Espinha ilíaca inferior anterior	Não desenvolvida	Forte, formada por centro separado de ossificação
Ramo púbico	Mediolateralmente curto	Mediolateralmente curto
Ísquio	Longo	Longo
Tuberosidade isquial	Não angulada	Não angulada (INFERIDA)
Entalhe ciático maior	Não desenvolvido	Fraco
Fossa hipotrocantérica femoral	Ausência de fossa verdadeira	Ausência de fossa verdadeira
Terceiro trocânter e crista glútea	3º trocânter forte/rugoso	3º trocânter mais fraco, mas mesmo padrão
Linha femoral áspera	Amplamente espaçada	Amplamente espaçada
Distribuição cortical do pescoço femoral	Relativamente espessa do córtex superior	Indeterminada
Hálux	Completamente abduzível, sem <i>doming</i> dorsal	Completamente abduzível, sem <i>doming</i> dorsal
Segundo metatarso	Não robusto	Eixo e base robustos
Cabeças dos metatarsos (raios 2-5)	<i>Doming</i> dorsal limitado	Dorsalmente em domo (<i>domed</i>)
Onclinação falangeal proximal do pé	Orientação proximal	Ascendentemente inclinada
Trapezoide	Mediolateralmente estreito	Mediolateralmente estreito
Capitato	Cabeça localizada palmarmente	Cabeça localizada palmarmente
Cabeças dos metacarpos	Constricção dorsal moderada	Fraca, mas constricção ainda vista

Metacarpo distal final	Facetas dos ligamentos colateral proximal forte/moderado	Intermediário?
Dimorfismo do tamanho do esqueleto	Fraco	Fraco
Megadontia relativa ao tamanho do corpo	Fraco	Fraco

Fonte: WHITE et al., 2009, p.82-83.

Para White e equipe, talvez a implicação mais relevante de *Ar. ramidus* é a de que os humanos não evoluíram de ancestrais semelhantes a chimpanzés⁶².

2.1.3.2. O Argumento de que “Ardi” não é um Hominídeo.

O paleoantropólogo e primatologista Esteban E. Sarmiento, pesquisador da Fundação Evolução Humana (em East Brunswick, New Jersey) contesta, em seu artigo de 2010 (p. 1105-b) na revista científica *Science*, as conclusões e interpretações de White e equipe a respeito do hominídeo fóssil *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”). Logo no início do artigo Sarmiento afirma:

White e colegas (Artigos de Pesquisa, 2 de Outubro de 2009, p.64-106 e em www.sciencemag.org/ardipithecus) noticiaram *Ardipithecus ramidus* como sendo um membro exclusivo da linhagem humana pós divergência dos símios africanos. No entanto, a análise deles de caracteres compartilhados-derivados fornece evidência insuficiente de uma relação ancestral-descendente e de exclusividade para a linhagem hominídea. Estudos anatômicos e moleculares, pelo contrário, sugerem que *Ar. ramidus* precede a divergência humanos-símios africanos (SARMIENTO, 2010, p.1105-b, tradução nossa).

Para Sarmiento, White e colegas cometeram duas falhas: 1) falharam em explicar como eles chegaram às condições⁶³ citadas dos caracteres do último ancestral comum (LCA – Last Common Ancestor) e que as conclusões deles a respeito das condições de caráter do LCA foram aparentemente guiadas por uma

⁶² Em abril de 2015 a Revista científica PNAS publicou o artigo *Neither chimpanzee nor human, Ardipithecus reveals the surprising ancestry of both (Nem chimpanzé nem humano, Ardipithecus revela a ancestralidade surpreendente de ambos)*, escrito por Tim White, Owen Lovejoy, Berhane Asfaw, Joshua Carlson e Gen Suwa. Nesse artigo, White e equipe reiteram que o ancestral comum de humanos e chimpanzés não era semelhante aos chimpanzés.

⁶³ Condição (ou Polaridade) de caráter (ou de caracteres) significa em qual condição ou em qual pólo se encontra o caráter (em uma série de transformação), ou seja, o caráter é primitivo/ancestral (plesiomórfico) ou derivado (apomórfico)? Essas são as duas condições (ou os dois pólos) possíveis de um caráter. Em outras palavras, *primitivo* é uma condição (ou pólo) e *derivado* é a outra condição (ou pólo) (AMORIN, 2002). A polaridade das características pode ser inferida por várias técnicas: comparação com grupo-externo, documentário fóssil, desenvolvimento embrionário e outras.

interpretação evolutiva Lamarckiana da *scala naturae*, na qual os chimpanzés expressam o primitivo e, os humanos, o derivado (SARMIENTO, 2010); 2) falharam ao mostrar que os caracteres compartilhados por *Ardipithecus* e *Australopithecus* fornecem evidência de uma relação ancestral-descendente e que são exclusivos para a linhagem hominídea e derivada-compartilhada com humanos (SARMIENTO, 2010). Para Sarmiento, a partir dos fósseis disponíveis, não é possível chegar às conclusões nas quais White e equipe chegou.

Sarmiento (2010) justifica em maiores detalhes a sua crítica aos dados e às interpretações de White e colegas ao analisar os caracteres utilizados na Tabela 1⁶⁴ (a seguir). Sarmiento argumenta que dos 26 caracteres listados da *Tabela 1*, compartilhados por *Ardipithecus* e *Australopithecus*, 14 estão no complexo canino/pré-molar. E para Sarmiento a confiança no complexo canino/pré-molar tem sido a causa de erros de identificação de hominídeos e de símios fósseis do Mioceno como ancestrais humanos primitivos e, portanto, a análise do complexo canino/pré-molar é falha por ser esse complexo muito instável e, portanto, passível de repetidas reversões (SARMIENTO, 2010, p.1105-b, tradução nossa).

Sarmiento (2010) também critica os outros 12 caracteres restantes:

Dos caracteres remanescentes [doze caracteres] listados como comuns a *Ardipithecus* e *Australopithecus*, nenhum dos oito caracteres pós-cranianos⁶⁵ [...] nem os outros quatro caracteres crânio-dentais⁶⁶, são mostrados pela comparação sistemática como exclusivos para humanos ou derivados-compartilhados por humanos (SARMIENTO, 2010, p.1105-b, tradução nossa).

Para Sarmiento (2010) todos os caracteres bípedes alegados por White e equipe também servem aos requisitos mecânicos do quadrupedalismo (SARMIENTO, 2010). Sendo assim, para Sarmiento *Ar. ramidus* era um quadrúpede que se apoiava nas plantas das quatro patas, e não um bípede, como dito por White.

Para Sarmiento (2010), a integridade do pulso e do crânio seria uma evidência convincente: “a integridade do pulso de *Ar. ramidus* e de remanescentes cranianos (petrosa, ouvido e base do crânio), onde muitos caracteres exclusivos de

⁶⁴ A *Tabela 1* é uma tabela elaborada por White e equipe

⁶⁵ Ilíaco sagital/orientação do istmo, a distância ilíaca ligeiramente alargada, a coluna ilíaca infero-anterior íntegra formada pelo centro separado de ossificação, eixo e base robustos do segundo metatarso, cabeças dorsalmente abauladas (em domo) do segundo ao quinto metatarso, falanges proximais dos pés inclinadas para cima, e pequeno istmo ilíaco e contorno de sínfise púbica (WHITE et al., 2009).

⁶⁶ Posição anterior do básion, flexão craniana avançada, molares superiores largos e corpo mandibular (WHITE et al., 2009).

hominídeos residem, poderiam ser usados para mostrar se *Ar. ramidus* é ou não um homínídeo” (2010, p.1105-b, tradução nossa). No entanto, não se tem o pulso íntegro (apenas fragmentado). A base do crânio existe (fragmentada) e foi utilizada na análise por White e em 2014 por Kimbell.

Sarmiento oferece outra interpretação a partir do pulso (nos parece que ele analisa o pulso através da fotografia fornecida no artigo de White e equipe):

Um processo estiloide não articular da ulna [...] e o que parece a partir da fotografia como um reduzido [osso carpal] piramidal com uma possível superfície articular proximal, sugerem que *Ardipithecus* pertença a uma linhagem comum humanos/símios africanos após a divergência com os orangotangos (SARMIENTO, 2010, p.1105-b, tradução nossa).

Sarmiento utiliza dados de relógio molecular⁶⁷ obtidos nas últimas quatro décadas de pesquisa científica que sugerem uma data mínima para a divergência humano/símios africanos de aproximadamente 3-5 milhões de anos antes do presente – uma data que, segundo Sarmiento, concorda com os estudos de anatomia comparada de hominídeos vivos e fósseis, portanto para esse pesquisador, devido ao fato de *Ar. ramidus* possuir uma idade geológica de 4,4 milhões de anos, ela provavelmente precede (surge antes) a divergência humanos/símios africanos (e não depois, como afirmaram White e equipe).

Segundo Sarmiento (2010), se aceitarmos as interpretações de White e equipe teríamos que abandonar quase todo o nosso entendimento a respeito da evolução dos homínídeos e, portanto, torna-se improvável ser *Ar. ramidus* um ancestral exclusivo da linhagem humana (SARMIENTO, 2010).

Entretanto, perguntamos se o argumento “teremos que abandonar quase todo o nosso entendimento” configura-se em um argumento convincente e racional para justificar a improbabilidade dos resultados de uma pesquisa? A seguir apresentaremos a resposta de White e equipe a essa contestação.

⁶⁷ Ver Ridley, 2006, p. 484-487. Ridley aborda o conflito entre as evidências fósseis e evidências moleculares na controvérsia *Ramapithecus x Homo x Sivapithecus* e a importância da discordância para a construção do conhecimento científico. Diz Ridley na conclusão da análise: “Em resumo (simplificando um pouco as coisas), a evidência molecular ajudou a inspirar uma reanálise das evidências fósseis sobre as origens humanas – resultando que hoje é amplamente aceito como tempo de origem da linhagem dos homínídeos uma configuração de uns 5 milhões de anos, em algum ponto de uma faixa de 4 a 8 milhões de anos” (RIDLEY, 2006, p.487).

2.1.3.3. O Contrargumento de White e colaboradores sobre “Ardi” ser um Hominídeo

Em resposta à afirmação feita pelo paleoantropólogo Esteban Sarmiento de que *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”) não é um fóssil da linhagem humana, isto é, não é um fóssil hominídeo, White, Suwa e Lovejoy (2010) justificam porque chegaram à conclusão de que “Ardi” é sim um hominídeo.

Nós afirmamos que *Ardipithecus* é um Hominidae baseando-nos em numerosas características dentais, craniais e pós-craniais. Sarmiento argumenta que estas características não são exclusivas de hominídeos, argumentando que *Ardipithecus* é velho demais para ser cladisticamente hominídeo. Sua alternativa filogenética, no entanto, é improvável porque ela requer caminhos evolutivos tortuosos e não-parcimoniosos (WHITE; SUWA; LOVEJOY, 2010, p.1105-c, tradução nossa).

White, Suwa e Lovejoy (2010) afirmam, nessa resposta breve e inicial, que além de se basearem em várias características (dentais, craniais e pós-craniais) de todo o esqueleto fóssil, também questionam a sugestão filogenética de Sarmiento, argumentando que esta seria improvável por não ser parcimoniosa, além de seguir caminhos evolutivos tortuosos (pois exigiria algumas reversões). Mas, qual a força do argumento relativo a uma inferência (ou hipótese) filogenética ser ou não parcimoniosa? “Em inferência filogenética, parcimônia⁶⁸ corresponde ao princípio de que a filogenia que exige o menor número de mudanças evolutivas [ou menor contagem] é a melhor estimativa da filogenia real” (RIDLEY, 2006, p.469). Mas por que a menor contagem é uma inferência mais plausível do que outra que apresenta maior contagem? Ou seja, como se justifica o princípio da parcimônia? Segundo Ridley (2006, p.469) “o princípio da parcimônia é razoável porque a mudança evolutiva é improvável”. Ridley (2006) fornece uma explicação elucidativa (Figura 9, a seguir)

Suponha que saibamos que uma espécie atual e um de seus ancestrais tenham uma característica com a mesma condição. A parcimônia sugere que todas as etapas intermediárias da linhagem contínua entre o ancestral e a espécie atual possuíam a mesma condição de caráter [...] um número indefinidamente grande de mudanças [...] poderia ter ocorrido entre ancestral e descendente. Entretanto uma mudança seguida pela reversão dessa mudança é improvável. Cada mudança exige um gene (ou um conjunto de genes) para surgir por mutação e depois ser substituída por deriva, se a mudança é neutra, ou por seleção; ambos os processos são

⁶⁸ Conhecida também por Navalha de Ockham, pois foi proposta por Guilherme de Ockham.

improváveis. É muito mais provável que o mesmo caráter tenha sido transmitido continuamente, com a mesma forma, de ancestral para descendente [...] sabemos que isso é plausível porque acontece sempre que um genitor produz prole – as características parentais são transmitidas (RIDLEY, 2006, p.469).

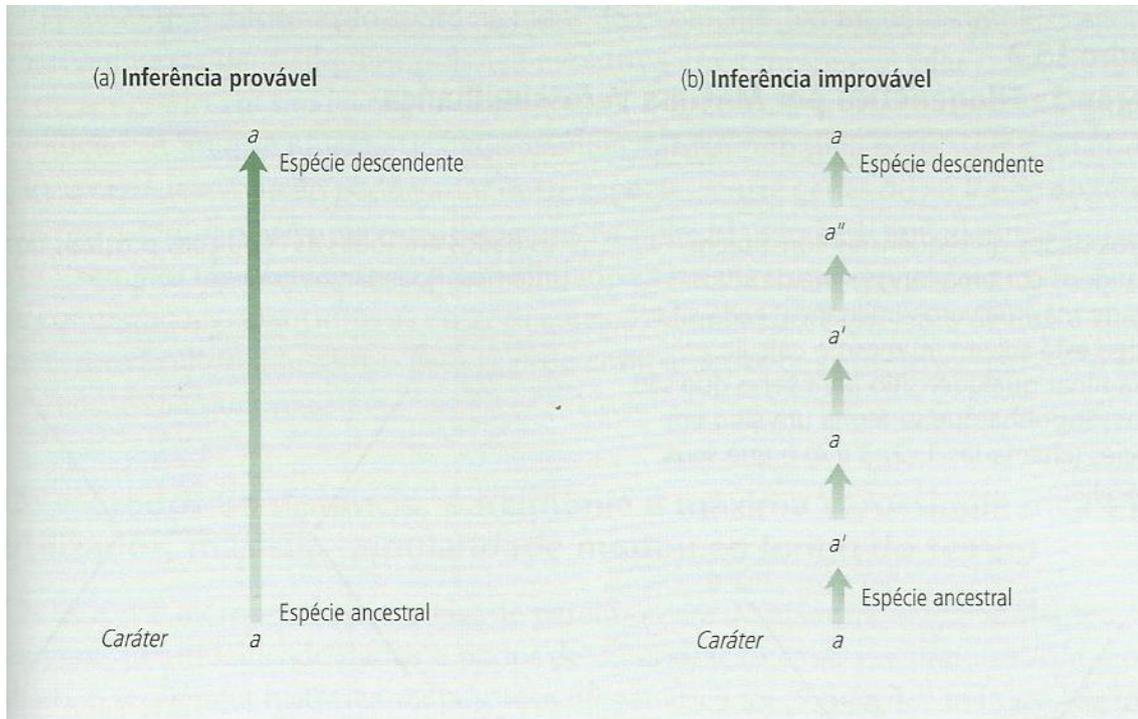


Figura 9. O mesmo caráter é encontrado na espécie descendente e em uma de suas ancestrais. É mais provável (a) que o caráter tenha permanecido constante e tenha sido transmitido por herança do que (b) tenha mudado e depois revertido ao seu estado original várias vezes entre o ancestral e o descendente. Fonte: Ridley, 2006, p.471.

Para Douglas Futuyma (2005),

Parcimônia é o princípio, que data pelo menos do século quatorze [talvez a Aristóteles], da explicação mais simples, exigindo que o menor número de suposições não documentadas, deveria ser preferível às hipóteses mais complicadas que exigem mais suposições para as quais não há evidências. O método baseado na parcimônia está entre os métodos mais simples de análise filogenética, e o mais amplamente utilizado [...] a melhor estimativa da verdadeira filogenia é aquela que requer o menor número de mudanças evolutivas (FUTUYMA, 2005, p.26, tradução nossa).

A parcimônia é um critério metodológico de decisão entre cladogramas alternativos (AMORIN, 2002). Naturalmente, o princípio da parcimônia não deve ser tratado como um axioma pelos cientistas, afinal acreditamos que a natureza não siga nenhuma regra inflexível de “frugalidade”, “simplicidade” ou “moderação”, embora trata-se de um princípio geral que tem aplicações desde a ciência até a

filosofia e em todos os campos relacionados a elas. É utilizado em muitas áreas diferentes. Talvez pudéssemos dizer que se trata do princípio do “menos é melhor”.

White, Suwa e Lovejoy (2010) contestam o argumento da evidência por relógio molecular utilizado por Sarmiento. Defendem eles que as estimativas datadas por relógio molecular variam muito (por exemplo, de 5-8 milhões de anos, e não de 3-5 como alegado por Sarmiento), além da exagerada confiança de Sarmiento em uma possível calibração (marcação do tempo, contagem) inadequada.

Os pesquisadores argumentam que devido à grande amostra dentária de *Ar. ramidus* é possível estabelecer a refinada morfoclina⁶⁹ *Ar. kadabba* – *Ar. ramidus* – *Au. anamensis* – *Au. afarensis* o que impossibilita o argumento de Sarmiento de que “Ardi” precede a divergência símios-humanos. Os pesquisadores afirmam também que “a feminização do complexo C/P₃ masculino de *Ardipithecus* está robustamente documentada e é incompatível com o argumento de Sarmiento de que *Ar. ramidus* representa o táxon tronco para ambos humanos e símios africanos”. Se esse fosse o caso, segundo os três pesquisadores, “um complexo C/P₃ humano-semelhante com ausência de caninos afiados precisaria ter evoluído em *Ar. ramidus*, apenas para ter independentemente revertido para os complexos caninos afiados em cada clado símio africano” (WHITE; SUWA; LOVEJOY, 2010, p.1105-b, tradução nossa). Isso violaria o princípio da parcimônia, como já explicado anteriormente e, portanto, tornaria a alternativa filogenética mais improvável.

Dessa maneira, eles propõem um desafio a Sarmiento: “se Sarmiento deseja modificar esta tabela [a *Tabela 1* no original] para gerar conclusões filogenéticas diferentes da nossa, então ele precisa explicar onde, por que e como nossas avaliações, dessas características, estão erradas” (WHITE; SUWA; LOVEJOY, 2010, p.1105-b, tradução nossa). Esses pesquisadores alegam que Sarmiento desconsiderou também os resultados da pelve e da base do crânio, e que novamente não ofereceu análises ou avaliações anatômicas alternativas (WHITE; SUWA; LOVEJOY, 2010, p.1105-b, tradução nossa).

⁶⁹ Quando um caráter existe em três ou mais estados, é frequentemente possível ordená-los em uma série de transformação ou morfoclina (FUTUYMA, 2002, p.318). Ou seja, morfoclina é o mesmo que série de transformação. Por exemplo, caracteres A → B → C, implicando que B é um estágio intermediário ente A e C. Um problema comum em uma morfoclina (ou série de transformação) é identificar qual caráter é ancestral. Segundo Amorin (2002, p.149) uma *série de transformação* é uma “sequência de mudanças, evolutivas, ocorrida entre dois ou mais estados de caracteres homólogos e diferentes entre si, em que a condição mais antiga – plesiomórfica – foi transformada na outra ou nas outras formas, apomórficas”.

Os pesquisadores reafirmam que os caracteres da pelve, do complexo C/P₃ e da base cranial de “Ardi”, analisados em conjunto, indicam uma relação irmã entre *Ar. ramidus* e *Australopithecus* (e também com os homínídeos posteriores). Argumentam esses pesquisadores, contestando o argumento de Sarmiento, de que para que *Ar. ramidus* seja uma espécie tronco do clado humanos-símios africanos (como defende Sarmiento), três caracteres (morfologia altamente derivada do complexo C/P₃, o encurtamento da base craniana e a estrutura íliaca) teriam que ter evoluído primeiro “em algum ancestral do Mioceno ainda não identificado e então reverter para uma condição símio-africano-semelhante” (WHITE; SUWA; LOVEJOY, 2010, p.1105-b, tradução nossa). Finalmente White, Suwa e Lovejoy (2010) concluem que essas mudanças evolutivas, segundo o princípio da parcimônia, são altamente improváveis. Quanto à crítica feita por Sarmiento relativa a uma interpretação Lamarckiana por parte de White e equipe, esses nada comentam a respeito. Entretanto, afirmam que os chimpanzés não são “máquinas do tempo” e não devem ser utilizados como modelos primitivos, dando a entender que as características de chimpanzés modernos não são primitivas, o que contradiz a crítica de Sarmiento.

2.1.3.4. Breves Comentários de outros Paleoantropólogos

Entre os anos de 2009 e 2014 (e até mesmo anos antes do artigo de Tim White de 2009) vários paleoantropólogos opinaram a respeito de “Ardi”, alguns concordando, outros discordando. Por exemplo, Ian Tattersall (2013), paleoantropólogo e curador emérito do Museu de História Natural na cidade de Nova York, afirma que a publicação de “Ardi” (em 2009) “nos deu um vislumbre único e abrangente de um suposto homínídeo primitivo” (TATTERSALL, 2013, p.9, tradução nossa). Daniel Lieberman⁷⁰ (2010), paleoantropólogo da Universidade de Harvard, disse estar convencido de que “Ardi” é um homínídeo. No entanto esclareceu que todos têm dúvidas sobre que tipo de homínídeo seria e o que isso tem a dizer sobre o último ancestral comum dos seres humanos e chimpanzés (LIEBERMAN, 2010). Alguns anos depois, ao abordar a questão dos supostos fósseis homínídeos mais antigos (*Ardipithecus*, *Orrorin* e *Sahelanthropus*), Lieberman (2015) fala das

⁷⁰ Daniel Lieberman, ao falar sobre a descoberta do *Homo floresiensis*, ressalta o seu caráter controverso: “como nem é preciso dizer, o *H. floresiensis* foi controverso” (LIEBERMAN, 2015, p.145).

discordâncias entre os pesquisadores, mas acredita que os fósseis sejam de homínídeos (ou homíníneos):

De fato, alguns especialistas sugeriram que essas espécies antigas são demasiado simiescas para serem realmente homíníneos [homínídeos no sentido clássico]. Penso, no entanto, que são genuínos homíníneos por várias razões, a mais importante das quais é que dão indicações de que estavam adaptadas a caminhar eretas sobre duas pernas (LIEBERMAN, 2015, p. 44, tradução nossa).

Para Bernard Wood (2005, p.68), pesquisador em Paleobiologia de Homínídeos da Universidade George Washington, “a evidência mais forte” de que *Ar. ramidus* seja um homínídeo primitivo, “é a posição do forame magno”, afinal “em *Ar. ramidus* essa abertura é mais para frente do que nos chimpanzés, mas não tão para frente quanto nos humanos modernos”. Não obstante, para Wood, a hipótese de *Ardipithecus* ser o ancestral direto de todos os homínídeos posteriores não está resolvida. David Begun (2013 apud PICKERING, 2013), professor no Departamento de Antropologia na Universidade de Toronto, Canadá, aceita *Ardipithecus* como um homíníneo, no entanto ele também alega que ele poderia representar mais especificamente “um sobrevivente relicto de um ramo primitivo dos homíníneos sem uma relação direta com os táxons posteriores (como *Australopithecus* e *Homo*)” (BEGUN apud PICKERING, 2013, p.64, tradução nossa).

Richard Klein (2010), antropólogo da Universidade de Stanford e um dos co-autores do estudo junto com o geoquímico Thure Cerling que contesta o possível habitat onde vivera “Ardi”, disse não crer que “Ardi” era um homínídeo ou mesmo bípede.

John Hawks (2011) é professor de antropologia na Universidade de Wisconsin-Madison e afirma que muitos cientistas acreditam que *Ardipithecus* está na linhagem humana, um homínídeo. Para Willian Jungers (2009), professor e chefe do Departamento de Ciências Anatômicas do Centro Médico da Stony Brook University, localizado em Long Island (NY, EUA), “Ardi” é um fóssil fascinante, independente se ela seja um homínídeo ou não. Para Jungers pode ter havido um excesso de argumentação e crítica White e equipe, pois muitas das coisas ditas podem ter somente o propósito de impressionar (JUNGERS, 2009). Apesar de existir um certo consenso na comunidade científica paleoantropológica de que Ardi seja um homínídeo e de que esse consenso esteja aumentando, ainda há muitas incertezas (PICKERING, 2013).

2.1.3.5. PNAS 2014 – Comentário de Kimbel: “Ardi” é um Hominídeo.

Em 2014, um artigo apresentando os resultados de uma nova análise da base do crânio de *Ardipithecus ramidus*, foi publicado na edição on-line da revista científica PNAS⁷¹, liderado por William H. Kimbel. Os resultados apoiam a ligação de “Ardi” com os hominídeos.

Kimbel é paleoantropólogo do Instituto de Origens Humanas e da Escola de Evolução Humana da Universidade do Estado do Arizona, Phoenix e conhecido mundialmente por ter participado da equipe que descobriu o mais antigo fóssil de um australopiteco, a “Lucy”, em Hadar, na Etiópia. Kimbel e equipe⁷² realizaram uma nova análise da base do crânio de *Ardipithecus ramidus* entre 2010 e 2013 e em janeiro de 2014 fora publicado, na PNAS, o artigo “*Ardipithecus ramidus* and the evolution of the human cranial base” (*Ardipithecus ramidus* e a evolução da base cranial humana), resultante dessa análise.

Kimbel e colegas (2014a) investigaram a morfologia da base do crânio de *Ar. ramidus* para encontrar sinais adicionais a respeito da filogenia relacionada aos símios africanos, aos seres humanos, e a *Australopithecus*. Afirmam os pesquisadores que além de um forame magno relativamente anterior, “os seres humanos diferem dos símios no deslocamento lateral do forame carotídeo, na abreviação médio-lateral da timpânica lateral, e em um elemento basioccipital trapezoidal encurtado” (KIMBEL et al., 2014a, p. 948, tradução nossa). Esses traços refletem uma condição (ou polaridade) derivada (apomórfica) “associada com mudanças na forma timpânica e com a extensão de seu contato com a pétrea” (KIMBEL et al., 2014a, p. 948, tradução nossa). Segundo Kimbel e colegas, todas as características humano-semelhantes acima expostas são compartilhadas por *Ar. ramidus* e *Australopithecus*.

O material fóssil utilizado para a análise da base do crânio foi aquele encontrado na área ARA-VP1/500. Esse crânio parcial serviu para que fosse estimado o encurtamento da base cranial, com base em relações proporcionais consistentes em macacos e humanos. Segundo a análise e interpretação de Kimbel e equipe *Ar. ramidus* possui a base cranial relativamente curta, assim como em *Australopithecus* e em *Homo*. E concluem reafirmando a classificação hominídea

⁷¹ Proceedings of National Academy of Science.

⁷² Gen Suwa, Berhane Asfaw, Yoel Rak e Tim White.

para “Ardi” argumentando que “a reorganização da base central do crânio está entre os primeiros marcadores morfológicos do clado *Ardipithecus* + *Australopithecus* + *Homo*” (KIMBEL et al., 2014a, 948, tradução nossa). Em outras palavras, para Kimbel e colegas, as novas análises da base cranial de *Ar. ramidus* sustentam a hipótese de que “Ardi” seja um homínídeo primitivo.

Mas o que a base do crânio tem de tão especial para a evolução humana? Simplesmente pelo fato de que a complexidade anatômica da base do crânio e sua associação com o crânio, com a postura e com o sistema de mastigação oferecerem pistas sobre a evolução ao longo do tempo. Nos humanos, essa estrutura é profundamente diferente da encontrada em símios, por exemplo. Para Kimbel, a base cranial de “Ardi” é anatomicamente mais próxima à base cranial do *Australopithecus*, um ancestral direto do *Homo*. As análises sugerem que a articulação da coluna vertebral com o crânio localizava-se mais para frente, assim como ocorre com humanos. Outras características semelhantes às observadas no gênero *Homo* são a base mais curta na frente e aberturas laterais mais largas, para a passagem de vasos sanguíneos e nervos (KIMBEL, 2014b). “A base cranial de ‘Ardi’ preenche importantes lacunas no nosso entendimento sobre a evolução do homem acima do pescoço” e também que “dado o tamanho muito pequeno da caveira de ‘Ardi’, a semelhança dele com a base do crânio humano é incrível” diz Kimbel (2014b, tradução nossa). De acordo com ele, os estudos sobre a adoção da postura ereta e do bipedalismo terão de ser reavaliados agora, à luz da descoberta de que Ardi está mais próxima, na árvore evolutiva, do homem do que dos chimpanzés.

2.1.3.6. A Interação Polêmica “White-Sarmiento” está Resolvida?

Segundo Sarmiento, para se chegar a uma análise conclusiva da interação polêmica, precisaríamos de fósseis mais completos do pulso e do crânio: “a integridade do pulso de *Ar. ramidus* e de remanescentes cranianos [...] poderiam ser usados para mostrar se *Ar. ramidus* é ou não um homínídeo” (SARMIENTO, 2010, p.1105-b, tradução nossa).

A interação polêmica “White-Sarmiento”, muito provavelmente, não está resolvida. Não podemos afirmar, pois não obtivemos mais nenhuma informação a respeito do posicionamento de Sarmiento após a reanálise de *Ardipithecus* em 2014.

Percebemos que uma grande parte (provavelmente a maioria) dos paleoantropólogos, atualmente, 2015, aceita “Ardi” como um hominídeo. No entanto, o debate permanece, talvez menos intenso, afinal há um bom grau de incerteza relativo às interpretações de fósseis de hominídeos. O que podemos dizer é que a controvérsia científica está “pendendo” para o lado de White e colegas devido às novas interpretações das evidências fósseis, pois sua hipótese tem maior sustentação segundo as análises e interpretações realizadas. O paleoantropólogo Bernard Wood (2005) estabelece (assim como Sarmiento) uma maneira clara e concisa que ajudaria a resolver a controvérsia científica: “precisamos de mais fósseis”. O próprio White, após apresentar três hipóteses filogenéticas possíveis para *Ardipithecus ramidus* também declara a mesma ideia

Outras possibilidades existem, mas no momento atual, nenhuma dessas hipóteses pode ser falseada baseada em evidência disponível. Para escolher entre elas exigirá mais evidência fóssil, incluindo transições bem documentadas em múltiplos locais geográficos (WHITE et al., 2009, p.84, tradução nossa).

Segundo os pesquisadores brasileiros Marina Gratão, Miguel Rangel Jr e Walter Neves (2015), todos da Universidade de São Paulo, *Ardipithecus* parece ser um bípede realmente, afinal afirmam que “apesar de muitas características de seu esqueleto serem indicativas de hábito arborícola, indubitavelmente já apresentava locomoção bípede [...] possivelmente um dos primeiros bípedes existentes” (GRATÃO; RANGEL JR; NEVES, 2015, p.94). Entretanto, os mesmos autores destacam que outros pesquisadores não consideram *Ardipithecus* como um hominídeo (no sentido clássico):

Alguns autores sugerem que não se deve considerar *Ardipithecus* (assim como *Sahelanthropus* e *Orrorin*) como hominínios [hominídeos no sentido clássico], mas, sim, como uma das muitas linhagens de grandes monos [símios] que evoluíram no Mioceno. Isso é reforçado com achados semelhantes em fósseis de *Oreopithecus* (que viveu entre 9 e 7 milhões de anos atrás) e de outros monos desse período (GRATÃO; RANGEL JR; NEVES, 2015, p.114).

Parece-nos que essa polêmica deverá ser resolvida, segundo a classificação de Beauchamp (1987), através de convencimento por evidências consistentes chamadas de *argumento sólido*, ou seja, através de mais dados, nesse caso, mais fósseis. A polêmica termina quando uma resposta adequada para a questão central é fornecida. Essa resposta é o *argumento sólido* e a controvérsia científica é

decidida, mesmo se controvérsias sociais ou profissionais continuarem depois. O encerramento aqui se dá pelo peso da evidência e do argumento. Nesse encerramento não há questões morais ou culturais envolvidas, ou pelo menos essas questões não resolverão a polêmica. Seguindo a conceituação de Ernan McMullin (1987), nos parece que a polêmica apresentada e analisada se fundou, essencialmente, em fatores epistêmicos, ou seja, em evidências científicas e interpretação de dados com pouca influência social-cultural-ideológica.

Ernst Mayr (2009, p.283) afirmou que quase tudo referente à evolução dos homínídeos “é alvo de controvérsias e está sujeito a correções no futuro”, e é esse pensamento de incerteza (maior ou menor), inerentemente científico, que precisamos cultivar.

2.2. ANÁLISE DA INTERAÇÃO POLÊMICA WHITE-SARMIENTO SOB A PERSPECTIVA DE MARCELO DASCAL

Marcelo Dascal é um filósofo especialista em discordâncias científicas as quais são intituladas por ele de *interações polêmicas* ou apenas *polêmicas*. Portanto, baseando-nos em Dascal (1994; 2005; 2006), e segundo nossa interpretação, podemos considerar *controvérsias científicas* (no sentido geral utilizado pela comunidade científica) como sinônimo de *interações polêmicas*. Para Dascal (1994; 2005; 2006), as polêmicas podem ser de três tipos (os “tipos ideais”): *disputa*, *discussão* e *controvérsia*. Esse capítulo objetiva analisar a interação polêmica (controvérsia científica) White-Sarmiento segundo a classificação elaborada por Dascal (já exarada no capítulo 1, item 1.2.2.), dando ênfase à polêmica do tipo *controvérsia* (e suas seis características essenciais), e sempre tendo em mente que “nas polêmicas entre cientistas se misturam os três tipos e não é fácil separá-los. Em geral, é possível identificar um tipo dominante” (DASCAL, 1994, p.80). Em todas as referências consultadas escritas por Dascal (1994; 2005; 2006) percebemos uma quantidade maior de conteúdo abordando a polêmica do tipo *controvérsia*.

Dascal define as interações polêmicas como “interações dialógicas na qual, pelo menos dois interlocutores mantêm posições opostas a respeito de pelo menos uma questão dada, e criticam um ao outro em relação à dita questão” (DASCAL,

2005, p.3). Segundo essa definição, a controvérsia científica White–Sarmiento se encaixa bem, afinal identificamos “pelo menos dois interlocutores”, White e colegas e Sarmiento, que “mantêm posições opostas a respeito de pelo menos uma questão dada”, a questão seria a interpretação de fósseis hominídeos, e “criticam um ao outro em relação à dada questão”. Sarmiento (2010) afirma que White errou na interpretação dos fósseis, além de fazer afirmações precipitadas. Por outro lado, White contra-argumenta alegando que Sarmiento ofereceu hipóteses improváveis além de ignorar os dados coletivamente e não oferecer outras respostas possíveis. Por conta disso, White e equipe propõem um desafio a Sarmiento para que esse indique aonde, como e por que os dados interpretados estão errados. Sendo assim, a controvérsia científica White-Sarmiento será chamada, segundo a classificação de Dascal (1994; 2005; 2006), de *interação polêmica* (ou apenas *polêmica*) White-Sarmiento. Ou seja, repetimos que consideraremos os dois termos (controvérsia científica e interação polêmica) como sinônimos.

Dascal (2005) propõe uma estrutura mínima na qual se constituem as interações polêmicas. Essas são constituídas, minimamente, por um proponente (P) e um oponente (O), interagindo em pelo menos dois turnos, de tal modo que se podem identificar as seguintes etapas sucessivas: P1 = Primeira intervenção do Proponente; O1 = Reação do Oponente a P1; P2 = Reação do Proponente a O1; O2 = Reação do Oponente a P2. Seguindo essa estrutura, o proponente (P) seria o paleoantropólogo Tim White (e equipe), o oponente (O) seria o paleoantropólogo Esteban Sarmiento. A P1 equivale ao artigo de White e equipe de 2009. A O1 equivale ao artigo de Sarmiento de 2010. A P2 equivale ao artigo de White, também de 2010. A O2 está ausente nessa interação polêmica, logo a estrutura mínima em dois turnos (P1→O1→P2→O2) proposta por Dascal não se completou. No entanto, sugerimos a existência de P3, isto é, a reação de um segundo proponente à O1, nesse caso o segundo proponente (P3) seria o paleoantropólogo William Kimbell e, talvez, a estrutura ficasse da seguinte maneira: P1→O1→P2→P3.

Seria a polêmica White-Sarmiento uma *disputa*? Seria a *disputa* o tipo dominante? Parece-nos que essa polêmica não se enquadra bem na definição de *disputa* de Dascal (1994; 2005; 2006), afinal, segundo essa classificação, na *disputa* a componente racional é deixada em segundo plano, conseqüentemente, a irracionalidade vigora, isto é, as motivações ideológicas (divergências pessoais e sociais), a retórica, as atitudes (irreconciliáveis), além da busca da “minha” verdade

(e a vitória sobre o adversário). Isso dificilmente levará a uma mudança de opinião e, portanto, a questão não pode ser decidida. Não há qualquer acordo ou consenso quanto ao procedimento que irá “resolver” ou “dissolver” a polêmica. Esse tipo de polêmica é altamente danoso ao desenvolvimento da ciência uma vez que impossibilita o diálogo e a revisão sucessiva das ideias. Podemos afirmar, portanto, que a interação polêmica White-Sarmiento não se trata de uma *disputa*, ou que pelos menos não percebemos a *disputa* como o tipo dominante, embora Dascal (1994, p.80) tenha afirmado que “nas polêmicas entre cientistas se misturam os três tipos e não é fácil separá-los. Em geral, é possível identificar um tipo dominante”. É possível que na polêmica White-Sarmiento também exista a busca em “vencer” o adversário, afinal há choque de opiniões e um tentará convencer (ou “vencer”) o seu oponente, obviamente que precisamos analisar qual a estratégia ou o “o lance preferido” utilizado pelos contendentes para o convencimento do oponente. Na *disputa* o lance preferido é o estratagema (estratégia ou manobra ardilosa e mentirosa para enganar ou confundir o adversário). Na polêmica White-Sarmiento não parece ser esse o caso.

Não podemos esquecer que a ambição “natural” para atingir ou conquistar reconhecimento científico pelos seus pares e pela comunidade científica provavelmente esteja presente em qualquer tipo de polêmica, seja ela *disputa*, *discussão* ou *controvérsia*. E dependendo da intensidade dessa ambição, mesclada com ego, vaidade e alguma ideologia, o contendente pode fazer uso de complexos estratagemas (configurando uma *disputa*) ou apenas buscar por evidências empíricas aliadas à observação e predição (configurando uma *discussão*). Uma polêmica intermediária a essas duas configuraria-se em uma *controvérsia*.

Seria então a interação polêmica White-Sarmiento uma *discussão*? Uma *controvérsia*? Uma mescla das duas? Ou das três? Qual seria o tipo dominante? Haveria um tipo dominante? Para responder a essas indagações precisamos analisar os critérios/características utilizados por Dascal para os dois tipos restantes de interações polêmicas.

A interação polêmica White-Sarmiento nos parece se enquadrar em vários critérios no “tipo ideal” *discussão*. Primeiramente essa polêmica é considerada um tipo de racionalidade ‘hard’ (dura, rígida), pois versa sobre conteúdos e não há motivações ideológicas aparentes (ou explícitas, embora elas possam estar presentes), logo, havendo boas chances de mudança de opinião e de que a

polêmica seja decidida, resolvida ou solucionada através de procedimento consensual (eliminando crenças equivocadas), pois, aparentemente, se busca “a verdade” (independente de que lado ela esteja) e não a “minha verdade” (não havendo divergências explícitas de caráter pessoal, segundo os artigos, embora acreditemos que elas existam de fato em maior ou menor grau, pois de certa forma exista a intenção de “vencer” o adversário, mas não de forma ardilosa como na *disputa*). Percebemos a enorme quantidade de dados (conteúdo) obtidos e apresentados por Tim White e equipe, referentes ao fóssil *Ardipithecus ramidus*, ao longo de 15 anos de pesquisas.

Sarmiento, logo no início no seu artigo de 2010, critica as análises (e interpretações) dos dados (os fósseis) realizadas por White e equipe. Para Sarmiento a análise (e interpretação) está equivocada, pois “fornece evidência insuficiente de uma relação ancestral-descendente e de exclusividade para a linhagem hominídea” (SARMIENTO, 2010, p.1105-b, tradução nossa). Para White e equipe as análises fornecem evidências suficientes. Segundo Dascal “a raiz do problema [na *discussão*] é um erro relativo a algum conceito ou procedimento importante num campo bem definido” (DASCAL, 1994, p.79) e, portanto, a solução dessa polêmica consiste em “corrigir o erro graças à aplicação de procedimentos aceitos no campo (como prova, cálculo, repetição de experimentos, etc.)” (DASCAL, 1994, p.79). A partir da afirmação de Sarmiento, nos parece que a “raiz do problema” é um suposto erro relativo à análise (e interpretação) dos fósseis. Percebemos que nessa contenda o “lance preferido” dos contendentes não é nem o estratagema (da *disputa*) nem a argumentação (da *controvérsia*), mas a prova (ou evidência). Obviamente a argumentação também está presente, inclusive White é criticado por alguns paleoantropólogos por ter utilizado argumentação indevida, ou seja, argumentos apenas para impressionar (JUNGERS, 2009), pois sempre que as evidências não estão muito claras ou consistentes a estratégia de persuasão é a utilização de argumentos e, nessa polêmica, eles estão presentes, mas não parecem ser o “lance preferido” dos debatedores. Talvez possamos afirmar que nesse âmbito existe uma mescla de *discussão* (evidência, prova) e *controvérsia* (argumentação), pois há a junção da evidência com a argumentação.

A afirmação de que “precisamos de mais fósseis”, repetida incessantemente pelos paleontólogos, é crucial para a resolução da polêmica, no entanto encontrar fósseis é algo sempre raro e difícil. Wood (2005) afirma que grande parte das

discordâncias entre os paleoantropólogos relativas aos fósseis hominídeos “é devida às diferenças em como eles interpretam” esses fósseis (WOOD, 2005, p.46, tradução nossa). Aqui percebemos um problema. Afinal, o que gera essas diferenças de interpretações? Cientistas adeptos de ideologias diferentes? Se for esse o caso, algumas interpretações se tornam aceitáveis para um grupo e inaceitáveis para outro, pois substituir ideologias (paradigmas profundos) é mais difícil do que teorias errôneas (MAYR, 2008). Adeptos de linhas e orientações teóricas diferentes devido às escolas e tradições de pesquisa diferentes? Afinal, segundo Barber (1961), a suposta guerra entre ciência e teologia só é igualada pela guerra entre escolas científicas rivais. Várias explicações diferentes parecem explicar bem o mesmo fenômeno? Por exemplo, se apresentássemos os mesmos fósseis para os naturalistas Jean Lamarck (1744-1829) e George Cuvier (1769-1832), as interpretações seriam completamente diferentes, pois cada um veria os fósseis com as lentes de sua ideologia e de sua linha teórica, as quais eram muito diferentes e até opostas (EL-HANI; PEREIRA, 2001). Ou seja, os fósseis são os mesmos, no entanto eles não veem a mesma coisa. Obviamente que, atualmente, não parecem existir discordâncias tão profundas como aquelas entre Lamarck e Cuvier. Ou podemos dizer que apenas os fósseis estão estragados e esmagados demais e que sua reconstrução não é confiável? Ou as características dos fósseis não são claras e possibilitam variados graus de incerteza e de interpretações? Ou os fósseis estão relativamente claros e convincentes, no entanto o cientista não os aceita por ego, vaidade e ambição (afinal ele gostaria de ter desenterrado tais fósseis)? Ou o ideal seria deixar o fóssil “em suspenso” e não fornecer qualquer interpretação mais rígida e esperar novos fósseis (e menos estragados), novas tecnologias e novas técnicas de análises? Não são questões fáceis de responder.

Na polêmica White-Sarmiento percebemos um certo desacordo entre o procedimento para resolver a polêmica, pois Sarmiento exige mais fósseis para uma análise conclusiva: “a integridade do pulso de *Ar. ramidus* e de remanescentes cranianos (petrosa⁷³, ouvido e base do crânio), onde muitos caracteres exclusivos de hominídeos residem, poderiam ser usados para mostrar se *Ar. ramidus* é ou não um hominídeo” (SARMIENTO, 2010, p.1105-b, tradução nossa). Para White e equipe não há necessidade de mais fósseis para que se possa determinar se *Ar. ramidus*

⁷³ Petrosa é uma das três partes do osso temporal (parte escamosa, timpânica e petrosa) (GILROY; MACPHERSON; ROSS, 2008).

faz parte ou não da linhagem hominídea. Ou seja, Sarmiento exige mais fósseis, entretanto para White e equipe, o material fóssil disponível já é o suficiente. Para os autores são necessários mais fósseis para inferir novas hipóteses filogenéticas, mas não para a alegação quanto à linhagem hominídea de “Ardi”, pois os fósseis existentes são suficientes (WHITE et al, 2009). Sobre as exigências de Sarmiento para a integridade do pulso, o esqueleto fóssil parcial recuperado possui o pulso fragmentado. Quanto ao crânio, a base do crânio está presente e foi utilizada na análise por White e equipe e por Kimbell em 2014.

Sendo assim, a polêmica White-Sarmiento parece cumprir a maioria dos requisitos propostos por Dascal para o tipo *discussão*: problema ou questão bem definida, ter a prova (evidência) como o lance preferido, a solução através da correção de erros e a eliminação de crenças equivocadas.

Há, no entanto, um terceiro tipo de interação polêmica (ou controvérsia científica), a *controvérsia*. Dascal lista seis “características essenciais” (a seguir e já citadas no capítulo 1, item 1.2.2.) da *controvérsia*. A *controvérsia* destaca-se por fugir à racionalidade dura da *discussão* e da irracionalidade da *disputa*. É considerada uma racionalidade “suave” (soft), e permite o surgimento de ideias inovadoras. Abaixo, as seis “características essenciais” são apresentadas e comentadas.

A *primeira* característica essencial da *controvérsia* é que essa começa com questões bem definidas e pode, rapidamente, se expandir para outras áreas científicas, ou seja, não fica circunscrita aos problemas iniciais que a deflagraram. Na polêmica White-Sarmiento ainda não vemos essa expansão para outras áreas, afinal a contenda foi, aparentemente, deflagrada por discordância de interpretação dos fósseis (dados) e até o momento atual (outubro, 2015) a contenda parece se limitar à área científica específica dos problemas iniciais, isto é, a da paleoantropologia. Contudo, essa polêmica é bastante recente e pode ter implicações para outras áreas.

Para Dascal (2006, p.302)

Uma controvérsia real nunca se resume em uma *única* diferença de opinião sobre *uma* questão dada [...] para originar uma controvérsia, a discordância normalmente se manifesta em uma gama de tópicos, que se reúnem em torno de uma suposta divergência central (DASCAL, 2006, grifos do autor).

Na polêmica White-Sarmiento há uma divergência central: “*Ar. ramidus* é um homínídeo ou não”? Ao redor dessa divergência estruturam-se várias outras questões menores que dão suporte à divergência central. Além disso, Dascal (1994, p.79) afirma que a controvérsia pode “começar com um problema específico, porém rapidamente se expande a outros problemas e revela divergências profundas”. Assim, na interação polêmica White-Sarmiento há divergências profundas, afinal para White e equipe *Ar. ramidus* é um homínídeo bípede, para Sarmiento, *Ar. ramidus* não era homínídeo e não era bípede, mas quadrúpede, além de várias outras divergências menores. No entanto, ainda não percebemos a expansão a outros problemas que não aqueles específicos da paleoantropologia.

A *segunda* característica essencial da *controvérsia* se refere aos questionamentos que os contendentes direcionam um ao outro a respeito de pressupostos básicos da pesquisa tais como metodologia, conceitos e análise de dados (ou dos fatos). A polêmica White-Sarmiento parece se enquadrar aqui, afinal Sarmiento questiona White e equipe exatamente no critério da análise dos dados. No entanto, não há qualquer crítica por parte de Sarmiento à metodologia de coleta dos fósseis e nem em relação às questões conceituais. Entretanto, Dascal argumenta que as *controvérsias*:

[...] envolvem tanto atitudes e preferências opostas como desacordos sobre os métodos vigentes para solucionar os problemas [...] não se percebe a oposição como simplesmente uma questão de erros [...] nem existem procedimentos aceitos para decidi-la (DASCAL, 1994, p.79).

Como já citado em parágrafos anteriores, a maneira pela qual a polêmica White-Sarmiento aparentemente se resolveria seria através da coleta de mais fósseis íntegros, sugerida por Sarmiento, e através de novas análises. Desenterrar mais fósseis de *Ar. ramidus* nos parece muitíssimo improvável. Aqui parece haver um procedimento aceito para decidir a polêmica, embora para White a questão pareça já estar decidida, no entanto ele mesmo solicitou novas análises do crânio de *Ar ramidus* por outro paleoantropólogo, William Kimbell. Contudo, mesmo que se obtivessem mais fósseis, as diferentes linhas interpretativas poderiam ser mantidas, continuando a polêmica.

A *terceira* característica essencial da *controvérsia* se refere à hermenêutica, ou seja, os contendentes acusam-se mutuamente de apresentarem incorretamente, ou de maneira ambígua as teses do outro. Isto é, há erros de interpretação acerca

daquilo que cada um defende, talvez de maneira a fugir do problema e evitar as objeções e críticas. Parece-nos que na polêmica White-Sarmiento não há esse tipo de “mal-entendido”, ou ele não aparece explicitamente, pois o verdadeiro problema parece estar claro – a interpretação dos dados fósseis. Entretanto, White e equipe criticam Sarmiento alegando que esse ignorou, ou negligenciou, alguns dados presentes nos artigos. Ou seja, Sarmiento desconsiderou os resultados da pelve e da base do crânio, e não ofereceu análises anatômicas alternativas. Na verdade, Sarmiento ofereceu algumas. Além do mais, vemos Sarmiento criticar White por ter realizado uma interpretação Lamarckiana (antropocêntrica) das características fósseis e dos símios modernos, no entanto não conseguimos identificar essa interpretação Lamarckiana e, além disso, White e equipe nada comentam sobre essa crítica. Talvez aí esteja presente um “mal-entendido”, deliberado ou não, caracterizando a polêmica White-Sarmiento como uma *controvérsia*.

A *quarta* característica essencial da *controvérsia* se refere à sua “abertura”, isto é, a sua abrangência e extensão.

a) ao iniciar uma *controvérsia*, não sabemos por onde vai nos levar sua dinâmica própria; b) dificilmente se restringe a apenas uma disciplina; c) revelam a existência de divergências profundas com respeito ao significado dos conceitos, métodos e fatos até então aceitos; d) não é possível antecipar a totalidade das objeções do oponente; e) preparam o terreno para as inovações radicais – ideias, métodos, técnicas e interpretações não convencionais (DASCAL, 1994, p.82).

Na polêmica White-Sarmiento não percebemos várias dessas considerações. Quanto à consideração “a” acreditamos que ela possa ser aplicada a qualquer interação polêmica, afinal só saberemos, de fato, para onde ela nos levará após ter iniciado. Quanto à consideração “b” percebemos que a polêmica White-Sarmiento se limitou apenas à paleoantropologia, mas fazendo uso de tecnologias disponíveis em outras áreas. Em relação à consideração “c”, as divergências profundas na polêmica White-Sarmiento existentes se referem às interpretações dos dados e fósseis e, conseqüentemente, nas conclusões. Em relação à consideração “d” parece que é cabível também nesse caso e em muitos outros, por ser bastante ampla. A consideração “e” não cabe à polêmica White-Sarmiento pelo fato de que não foi a contenda que gerou ideias novas, mas a própria pesquisa e análise dos dados por White e equipe. Aliás, foi exatamente essa “inovação radical” estimulando

a substituição de conceitos já estabelecidos há décadas que foi contestada por Sarmiento. As críticas de Sarmiento parecem estimular análises adicionais dos fósseis (da base do crânio, especificamente), mas não parecem que tenham preparado o terreno para novas ideias, novas técnicas ou interpretações não-convencionais. Essas inovações ocorreram diretamente como resultado das pesquisas de White e equipe, e não como consequência da contenda com Sarmiento.

A *quinta* característica essencial da *controvérsia* se refere ao seu “fechamento”, “encerramento” ou “resolução”. Dascal argumenta que falta um tipo intermediário de “terminação”, algo mais aberto que os algoritmos (evidências rígidas) que solucionam as *discussões* e não arbitrários como aqueles que dissolvem as *disputas*. Portanto, as propostas de “negociação” e de “consenso” de Beauchamp (1987) poderiam servir como tipos intermediários e seriam formas de “encerrar sem fechar” e seriam típicas desse tipo de polêmica. Entretanto, percebemos claramente que a polêmica White-Sarmiento, segundo as palavras do próprio Oponente (O1) contestador e gerador da polêmica, que essa poderia ser encerrada através de mais fósseis (e mais completos). Novamente repetindo suas palavras: “a integridade do pulso de *Ar. ramidus* e de remanescentes cranianos (petrosa, ouvido e basicrania) [...], poderiam ser usados para mostrar se *Ar. ramidus* é ou não um homínido” (SARMIENTO, 2010, p.1105-b, tradução nossa). Dascal (2005) argumenta que a ausência de um método de decisão como a prova (evidência) é um critério definidor da *controvérsia*, ou seja, a *controvérsia* **não** possui um critério claro e objetivo para sua resolução, mas no caso da polêmica White-Sarmiento há um critério claro e objetivo.

As *controvérsias* não se resolvem facilmente, ao contrário, “tendem a ficar cada vez mais polarizadas e entrincheiradas e a controvérsia se perpetua em um debate constante” (DASCAL, 2006, p.302). Não percebemos, através dos artigos científicos analisados (embora possam existir), esse aumento de “polarização e entrincheiramento”. Segundo o próprio Sarmiento a polêmica se resolveria com mais fósseis (obviamente fósseis íntegros, caso contrário pouco ou nada se resolveria). No entanto, não estamos certos de que se encontrados esses fósseis exigidos a polêmica de fato se resolveria. Se se tratasse de apenas “corrigir erros” e desenterrar mais fósseis tal polêmica teria como tipo dominante a *discussão*. Entretanto, talvez não seja tão simples assim e a polêmica estaria mais próxima de

uma *controvérsia* (e essa polêmica possui características desse tipo). E se esses novos fosséis nunca forem encontrados, a polêmica se resolveria de que maneira? Por abandono (BEAUCHAMP, 1987) ou morte natural (MCMULLIN, 1987)? Ou seja, a polêmica se findaria gradualmente, num lento desaparecer devido à perda de interesse dos participantes? Talvez.

A *sexta* e última característica essencial da *controvérsia* se refere a sua organização e encerramento, ou seja, apesar da sua “abertura”, sua constituição não é anárquica. Embora não sigam regras rígidas como nas *discussões*, elas não caem no “vale tudo” (*anything goes*) das *disputas*. Entretanto, vemos que a polêmica White-Sarmiento é bastante rígida e rigorosa quanto a sua organização e possível encerramento (típica de *discussão*). As *controvérsias* manifestam alguma ordem e sistematicidade e um certo rigor, mas não tão rígidos para suprimirem sua abertura e nem tão flexíveis que impeçam o seu desenvolvimento de forma não arbitrária.

Repetindo as palavras já citadas no primeiro parágrafo desse capítulo de que “nas polêmicas entre cientistas se **misturam os três tipos** e não é fácil separá-los. Em geral, é possível identificar um tipo dominante” (DASCAL, 1994, p.80, grifo nosso). Após analisar as seis “características essenciais” das *controvérsias* Dascalianas, entendemos que o tipo dominante da polêmica analisada parece ser a *discussão*. O tipo *controvérsia* está presente em grande intensidade na polêmica White-Sarmiento, através de vários indícios, embora não pareça ser o tipo dominante, ou seja, os tipos *discussão* e *controvérsia* são os tipos principais, entretanto o primeiro parece sobrepujar o segundo. O tipo *disputa* tem um peso menor na polêmica analisada, mas está presente, afinal, como exarado por Dascal (1994), os três tipos se misturam em uma interação polêmica (ou *controvérsia* científica).

2.3. CIÊNCIA, PRECONCEITO E PARCIALIDADE NAS PESQUISAS SOBRE EVOLUÇÃO HUMANA

A história nos apresenta a ciência, em muitos momentos, aliada a preconceitos e ideologias, mais ainda quando a própria espécie humana está envolvida. Daí a importância de apresentar essa breve discussão. Aqui tomaremos o significado de ideologia como um “modo de ver” ou um “conjunto de ideias” (MINIAURÉLIO, 2010, p.406) sobre o mundo, política, economia, religião, sociedade,

filosofia etc. Um exemplo bastante relevante é o preconceito étnico⁷⁴ abraçado pelos próprios paleoantropólogos desde meados do século XIX até início do século XX, onde reforçaram o antropocentrismo branco europeu e desprezaram as etnias africanas por considerarem-nas “inferiores”. As afirmações a seguir, emitidas pelo renomado paleoantropólogo Richard Leakey, figuram-se bastante interessantes, pois nos esclarece parte do modo de se fazer ciência e das razões de determinadas decisões ou escolhas feitas pelos cientistas, baseadas, muitas vezes, em ideologias e preconceitos e pouco na razão e nas evidências científicas. Aqui Leakey comenta a afirmação de Darwin que sugeria o continente africano como sendo o “berço da humanidade”⁷⁵. Também comenta sobre o próprio pai, Louis Leakey, e sobre a ciência:

Os antropólogos não gostaram nada da sugestão de Darwin, porque a África tropical era olhada com desdém colonialista: o Continente Negro não era visto como um lugar apropriado para a origem de uma criatura tão nobre como o *Homo sapiens*. Quando mais fósseis humanos começaram a ser descobertos na Europa e na Ásia na virada do século, mais zombarias foram lançadas sobre a idéia de uma origem africana, esta atitude prevaleceu por décadas. Em 1931, quando meu pai [Louis Leakey] disse aos seus mentores na Universidade de Cambridge que planejava procurar as origens humanas no leste da África, recebeu uma pressão enorme para em vez disto concentrar sua atenção sobre a Ásia. A convicção de Louis Leakey era parcialmente baseada no argumento de Darwin e parcialmente, sem dúvida alguma, no fato de que ele havia nascido e sido criado no Quênia. Ele ignorou o conselho dos estudiosos de Cambridge e conseguiu estabelecer a África Oriental como uma região vital na história da nossa evolução primordial (LEAKEY, 1997, p. 16 -17).

Percebemos, através do relato de Richard Leakey, o preconceito e o desprezo por parte dos antropólogos em buscar as origens humanas no continente negro, ou seja, demonstrando um sentimento “anti-África” (LEAKEY, 1997). Na visão desses antropólogos a espécie humana, essencialmente a branca europeia, não poderia ter evoluído num continente tão atrasado e com humanos inferiores. Isso faz

⁷⁴ Podemos distinguir dois tipos de preconceitos por parte dos cientistas: 1) preconceito étnico no sentido de não realizar pesquisas em determinados locais por consideram-nos “inadequados” devido aos povos “inferiores” que ali residem; 2) preconceito étnico no sentido de negligenciar e ignorar trabalhos de pesquisa de cientistas de outras nacionalidades e etnias consideradas “inferiores”.

⁷⁵ Ernst Haeckel, um importante naturalista alemão e seguidor de Darwin, sugeriu em 1874 que a presença do orangotango na (hoje) Indonésia (Borneo e Sumatra) poderia fazer da região o berço da humanidade. Em 1872 o naturalista Alfred R. Wallace havia estudado detalhadamente a morfologia e os hábitos do orangotango em seu livro sobre a história natural do Arquipélago Malaio (WOOD, 2005).

com que não esqueçamos que muitas vezes os cientistas pensam, agem e pesquisam de acordo com suas emoções, sua cultura e contexto social, mesclados com a razão, ou até mesmo deixando a razão em segundo plano, evidenciando que a atividade científica não é nem imune à influência social nem isenta (ou neutra) de consequências para a sociedade. Richard Dawkins (2009) também nos conta, indo ao encontro das ideias de Richard Leakey, anteriormente citado, que os primeiros exploradores brancos da África não consideravam os grandes símios africanos como aparentados com os homens brancos, isto é, consigo mesmos, mas apenas com os homens negros, numa postura racista⁷⁶ e eurocêntrica. Diz-nos Dawkins (2009) ainda que

No século XIX, depois de Darwin, muitos evolucionistas consideraram os povos africanos como intermediários entre os grandes primatas não humanos e os europeus, seres no caminho ascendente para a supremacia branca. Isso não é só incorreto: viola um princípio fundamental da evolução. Dois primos sempre são aparentados em um grau idêntico a qualquer extragrupo, pois se relacionam a esse extragrupo por intermédio de um ancestral que têm em comum [...]. O racismo e o especismo, assim como nossa eterna confusão sobre quem desejamos incluir em nossa rede moral e étnica, destacam-se com uma nitidez muitas vezes constrangedora na história das nossas atitudes para com nossos semelhantes humanos e para com os grandes primatas – nossos *parentes* grandes primatas (DAWKINS, 2009, p. 144, grifo do autor).

Atualmente, após tantos fósseis hominídeos encontrados no continente africano, essa resistência preconceituosa por parte dos antropólogos não faz qualquer sentido, muito menos para eles mesmos.

Retomando nossas discussões a respeito das controvérsias e contendas científicas no campo da paleoantropologia, Walter Neves, professor da Universidade de São Paulo (USP) e talvez o mais importante pesquisador brasileiro na área, especialista em evolução humana recente (hominídeos de até 15 mil anos de idade), mais especificamente em antropologia física ou bioantropologia (e também em arqueologia), e autor do livro *O Povo de Luzia: em busca dos primeiros americanos* (2008), ao ser indagado no programa “Provocações” da TV Cultura, apresentado por Antônio Abujamra, a respeito da existência de alguma rixa entre os pesquisadores brasileiros e os norte-americanos (retratando a questão do *establishment* científico

⁷⁶ “É interessante mencionar que tribos do Sudeste Asiático e da África têm lendas tradicionais que sugerem uma inversão da evolução como ela é convencionalmente vista: seus grandes primatas são vistos como humanos que caíram em desgraça. ‘Orangotango’, em malaio, significa ‘homem da floresta’” (DAWKINS, 2009, p.142).

de um país, citado por Mayr, 2008), devido à descoberta do fóssil Luzia (um humano americano de 11.500 anos de idade), respondeu enfática e prontamente:

Total. Completamente. Porque os norte-americanos não suportam a ideia de que há vida inteligente abaixo do Equador. Então nós tivemos que, durante três décadas, engolir modelos de ocupação da América absolutamente estapafúrdios que foram impostos pela comunidade [científica] norte-americana que obviamente detém o poder na ciência. E nesse sentido a Luzia foi uma puxada de tapete na comunidade norte-americana (NEVES, 2010, informação verbal).

Ideologias e interpretações tendenciosas e ideológicas de supostos “fatos” a respeito das origens humanas no Brasil são comentadas por André Pierre Prous (1944-atual), professor do Departamento de Antropologia e Arqueologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, da Universidade Federal de Minas Gerais e um dos importantes arqueólogos em atividade no Brasil. Em seu livro *O Brasil antes dos Brasileiros*, Prous (2007) comenta que cada geração ou escola arqueológica tem sua interpretação própria do passado e, portanto, os “fatos” arqueológicos “objetivos” são assim ecolhidos e assim interpretados, segundo pressupostos teóricos e ideologias dos próprios pesquisadores, de sua geração e de suas escolas (correntes teóricas diferenciadas). As interpretações podem variar segundo o momento, pois há modas também na ciência. Dessa forma, e nessa área científica específica (mas também em muitas outras), percebemos o quanto a ciência é parcial e orientada ideologicamente, demonstrando que a pesquisa científica não é neutra nem autônoma (ou independente), ou seja, a ciência não vive num mundo à parte blindada por uma espessa capa de chumbo impermeável às influências culturais, políticas e sociais. A realidade nos mostra o contrário.

Apesar disso tudo, Prous (2007) argumenta que é necessário ter sempre em mente essas limitações interpretativas de que os “fatos objetivos” na arqueologia humana não são tão objetivos como possam, talvez, parecerem. Ter consciência dessa falta de objetividade nos “fatos” arqueológicos é indispensável para equilibrar com procedimentos e técnicas de trabalho que visam um máximo de objetividade, com o intuito de não se deixar levar nem por um ceticismo rígido, duro, inflexível e estéril nem por interpretações tão flexíveis e abrangentes que poderiam justificar qualquer posição político-cultural-ideológica e, assim, solapar a credibilidade da investigação científica.

No capítulo 2 apresentamos brevemente como são realizadas as pesquisas no campo da paleoantropologia e discutimos duas interações polêmicas da área,

demonstrando a riqueza de desacordos (de origem científica e não científica). As questões abordadas nesse capítulo se tornam relevantes, pois muitas delas foram utilizadas no curso de formação continuada oferecido aos professores. No próximo capítulo trataremos da importância em dar mais ênfase ao ensino da evolução biológica (destacando a evolução humana) e a formação inicial e continuada de professores da área.

3. EVOLUÇÃO BIOLÓGICA, NATUREZA DA CIÊNCIA E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA

Nesse capítulo, primeiramente argumentaremos sobre a necessidade do ensino de evolução biológica, dando destaque à evolução humana, juntamente com suas controvérsias internas, para a aprendizagem de biologia. Em seguida, apresentaremos o papel das controvérsias científicas para a compreensão da natureza da ciência, inclusive para a compreensão da construção do conhecimento científico sobre biologia evolutiva humana. Por fim, discutiremos as dificuldades encontradas na formação de professores para trabalhar tanto com a temática Evolução Biológica Humana quanto com as controvérsias científicas e as possibilidades da formação continuada fornecer subsídios para a superação dessas dificuldades.

3.1. O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA HUMANA

Não há como compreender a biologia e seus processos bioquímico-moleculares, fisiológicos, comportamentais, populacionais e ecossistêmicos sem o olhar evolutivo. Podemos definir evolução biológica como “mudança na forma e no comportamento dos organismos [em populações] ao longo das gerações”. Isto é, “as formas dos organismos, em todos os níveis, desde sequências de DNA até a morfologia macroscópica e o comportamento social, podem ser modificadas a partir daquelas dos seus ancestrais” (RIDLEY, 2006, p.28). É possível definir evolução biológica também como “descendência com modificação de populações ancestrais comuns, ao longo das gerações, gerando diversificação, através de processos naturais”. Há ainda outras definições possíveis. Para além de tais definições, importa que saibamos que a evolução biológica⁷⁷ é o princípio central, organizador, orientador e unificador de todo o pensamento biológico. Um dos importantes pesquisadores da Evo-Devo⁷⁸, Sean B. Carroll⁷⁹ (2006, p.294), é enfático ao

⁷⁷ Darwin chamava a evolução biológica de “descendência com modificação” (DARWIN, 2011). A Biologia Evolutiva é a disciplina que estuda a evolução biológica. A Biologia Evolutiva Humana é a disciplina que estuda a evolução biológica humana.

⁷⁸ O termo “Evo-Devo” é a abreviação estenográfica de “Evolução e Desenvolvimento”, um campo da biologia também chamado de “Biologia Evolutiva do Desenvolvimento” ou “Embriologia Evolutiva”. Esse campo procura compreender os mecanismos pelos quais o desenvolvimento (embrionário) evoluiu, pois compreender esse desenvolvimento é a chave para o entendimento da evolução morfológica (da forma) (FUTUYMA, 2005).

defender (e insistir) que “a evolução é muito mais que apenas um tópico na biologia – ela é o fundamento da disciplina inteira. A biologia sem a evolução é como a física sem a gravidade”. Afirma ele ainda que:

Assim como não podemos explicar a estrutura do universo, as órbitas dos planetas e da lua, ou as marés por simples medições, também não podemos explicar a biologia humana ou a biodiversidade da Terra através de um compêndio de milhares de fatos. Todos os cursos e os textos devem ter a evolução como tema unificador central. A evolução da forma é o drama principal da história da vida, como encontrado no registro fóssil e na diversidade das espécies vivas. Portanto, vamos ensinar essa história. Ao invés de ‘mudança na frequência gênica’, vamos tentar ‘a evolução da forma é a mudança no desenvolvimento’ (CARROLL, 2006, p. 294).

Diversos trabalhos (BIZZO, 1991; CICILLINI, 1997, 1999; CARVALHO, 2001; GOEDERT; DELIZOICOV; ROSA, 2003; TIDON; LEWONTIN, 2004; LICATTI; DINIZ, 2005; GOEDERT; LEYSER; DELIZOICOV, 2006; MADEIRA, 2007; LUCENA, 2008; MELLO, 2008; CASTRO; AUGUSTO, 2009; CALDEIRA et al., 2010 OLEQUES; BARTHOLOMEI-SANTOS; BOER, 2011; MOURA; SILVA-SANTANA, 2012; HIDALGO; JUNIOR, 2014; PAESI; ARAUJO, 2014) têm indicado o baixo nível de compreensão, ou a compreensão equivocada, por parte de alunos e de professores da educação básica referente à evolução biológica. Além do mais, constatamos que se os professores têm pouca compreensão sobre a evolução biológica “geral”, menos ainda a têm quando se trata da Evolução Biológica Humana. Isso se deve a alguns fatores como: falta de tempo devido ao trabalho excessivo; dificuldade de acesso a boas literaturas da área; e ausência ou insuficiência na formação inicial do professor de aulas sobre Evolução Biológica Humana (CASTRO; AUGUSTO, 2009).

São escassos os trabalhos envolvendo evolução biológica humana. Moura e Silva-Santana (2012), mediante aplicação de questionários, realizaram uma investigação com o intuito de identificar se (e como) o tema evolução humana é tratado em sala de aula no ensino médio e quais eram as principais dificuldades dos professores para ensinar o assunto. Entre as dificuldades encontradas estão: carência de material didático específico; valores e aspectos religiosos; necessidade de atualização constante na formação do professor, incluindo o tema evolução biológica humana. Em outro trabalho desenvolvido, Henrique (2011) pesquisou a concepção de graduandos ingressantes em um curso de Ciências Biológicas de uma

⁷⁹ Não confundir Sean B. Carroll (um biólogo) com Sean M. Carroll (um físico teórico) do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech).

universidade particular de São Paulo sobre a origem e evolução humana. Para esse autor, parte dos alunos destacou a descendência a partir de um ancestral em comum com os chimpanzés. Contudo, outra parte apresenta conceitos evolutivos errôneos, sendo a evolução humana caracterizada como uma entidade linear em busca de um progresso na complexidade, além de concepções influenciadas por aspectos religiosos. Ainda, Paesi e Araújo (2014), ao analisarem os livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático-2012 (PNLD-2012), observaram que o conteúdo sobre evolução humana apresenta tanto ideias que podem reforçar a concepção antropocêntrica quanto o contrário. As ideias encontradas que podem reforçar tal concepção são: diagramas que mostram as relações de parentesco entre as espécies atuais de primatas, colocando os humanos no canto superior direito das figuras; classificação biológica utilizada que pode ser parafilética⁸⁰ simplesmente para manter os humanos isolados na família Hominidae; apresentação das espécies fósseis de hominíneos como se tivessem existido somente para se tornarem humanos (PAESI; ARAÚJO, 2014).

A teoria da evolução “é a teoria unificadora da Biologia” (FUTUYMA, 2005, p.1, tradução nossa). O geneticista francês François Jacob (1973 apud FUTUYMA, 2005, p.xiv, tradução nossa), ganhador do Prêmio Nobel devido às pesquisas sobre regulação gênica, escreveu a respeito da teoria da evolução:

Existem muitas generalizações em biologia, mas poucas teorias preciosas. Entre elas, a teoria da evolução é de longe a mais importante, pois reúne a partir das mais variadas fontes de uma massa de observações, que caso contrário ficaria isolada; que une todas as disciplinas concernentes aos seres vivos; estabelece a ordem entre a extraordinária variedade de organismos e os une ao resto da terra; em suma, ela fornece uma explicação causal do mundo vivo e de sua heterogeneidade (JACOB, 1973 apud FUTUYMA, 2005, p.xiv, tradução nossa).

“Pensar biologicamente é pensar evolutivamente” conforme afirmam Meyer e El-Hani (2005, p.106) e como já há mais de 40 anos foi exarado pelo geneticista Dobzhansky (1973, p.125, tradução nossa) ao afirmar, como título de seu artigo, que *“nada na biologia faz sentido exceto à luz da evolução”*. Para Futuyma (2002), nenhuma outra ideia sobre origem e diversidade biológica é respaldada por tantas evidências e tem tantas implicações para as Ciências Biológicas como a da

⁸⁰ Táxon que inclui o ancestral comum e alguns, mas não todos os seus descendentes (POUGH, JANIS & HEISER, 2008).

Evolução biológica. Dobzhansky (1973) deixa clara a relevância da evolução biológica para a ciência ao falar sobre a “Força e a Aceitação da Teoria” destacando que:

À luz da evolução, a biologia é, talvez, sob o ponto de vista intelectual, a ciência mais satisfatória e inspiradora. Sem essa luz a biologia se torna uma pilha de variados fatos – alguns deles interessantes ou curiosos, mas sem nenhum significado como um todo (DOBZHANSKY, 1973, p.129, tradução nossa).

Para Gould (1990, p.1) “a evolução é uma dentre a meia-dúzia de ideias avassaladoras que a ciência desenvolveu para subverter suposições passadas, e para esclarecer os nossos pensamentos presentes”. Nesse contexto, Mayr (1974 apud MILLER, 1999) ao escrever a introdução para uma reimpressão da 1ª edição de *A Origem das Espécies* destaca a importância do pensamento de Darwin para o pensamento biológico, afirmando que: “toda a discussão moderna do homem do futuro, da explosão populacional, da luta pela existência, do propósito do homem e do universo, e o lugar do homem na natureza repousa sobre Darwin” (MAYR, 1974 apud MILLER, 1999, p. xi, tradução nossa). Como nota-se na citação a seguir, Mayr (1991) ressalta o impacto dos trabalhos e do pensamento de Darwin para a ciência e para o pensamento da humanidade ao afirmar que:

Nós sempre voltamos ao seu trabalho [de Darwin], constantemente, pois como um pensador inteligente e audacioso, ele levantou algumas das mais profundas questões sobre nossas origens que já haviam sido perguntadas, e, como um cientista devotado e inovador, forneceu respostas brilhantes que impactaram o mundo (MAYR, 1991, p.ix, tradução nossa).

Ainda nesse contexto, o geneticista evolutivo Francisco J. Ayala (2007, p.142) declara a importância do estudo da evolução biológica nas escolas:

A teoria da evolução precisa ser ensinada nas escolas porque nada na biologia faz sentido sem ela. A biologia moderna quebrou⁸¹ o código genético, desenvolveu culturas altamente produtivas, e forneceu conhecimento para melhorar o cuidado com a saúde [...] A teoria da evolução tem feito importantes contribuições para a sociedade. A evolução explica porque vários patógenos humanos têm desenvolvido resistência a medicamentos antes efetivos e sugere maneiras de combater este problema de saúde cada vez mais sério. A biologia evolutiva tem contribuído significativamente para a agricultura por explicar as relações entre plantas selvagens e domesticadas e entre animais e seus inimigos naturais. Um entendimento da evolução é

⁸¹ O termo utilizado no original (fonte primária) é “has broken”.

indispensável para estabelecer relações sustentáveis com o ambiente natural (AYALA, 2007, p.142, tradução nossa).

Os PCNs (BRASIL, 1997) de Ciências Naturais do ensino fundamental não explicitam o conteúdo “evolução biológica” ou “evolução biológica humana”, entretanto afirmam que já no 1º Ciclo (hoje, do 1º ao 5º ano) os alunos devem desenvolver, dentre outras, as capacidades de “observar, registrar e comunicar algumas **semelhanças e diferenças entre diversos ambientes**, identificando a presença comum de água, seres vivos [...] e características específicas dos ambientes diferentes”, “estabelecer **relações** entre características e comportamentos dos seres vivos e condições do ambiente em que vivem, valorizando a diversidade da vida” e também “observar e identificar algumas características do corpo humano” (BRASIL, 1997, p.46). Dessa forma, é possível inserir o conteúdo de evolução biológica e também de evolução biológica humana já no 1º Ciclo e, conseqüentemente, no 2º Ciclo (6º ao 9º ano).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM⁸² (BRASIL, 2000, p.17) na Parte III, ao tratar do tema “Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”, é ressaltada a importância do ensino da evolução e do contexto histórico da ciência: a importância do ensino de Evolução Biológica e a sua complexidade; e a importância de enfatizar o contexto (histórico) no qual as explicações (teorias) foram formuladas, além de apresentar as correções ou refutações sofridas pelas explicações. Essas observações são fundamentais para o entendimento da natureza da ciência.

Para as Orientações Curriculares para o Ensino Médio ou PCN+⁸³ (BRASIL, 2006, p.22) a “Origem e Evolução da Vida” devem ter papel central e norteador dos conteúdos a serem trabalhados.

Um tema de importância central no ensino de Biologia é a **origem e evolução da vida**. Conceitos relativos a esse assunto são tão importantes que devem compor não apenas um bloco de conteúdos tratados em algumas aulas, mas constituir uma linha orientadora das discussões de todos os outros temas. O tema [estruturador] 6 dos PCN+, origem e evolução da vida, contempla especificamente esse assunto, mas é importante assinalar que esse tema deve ser

⁸² Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio foram o resultado de meses de trabalho e de discussão realizados por especialistas e educadores de todo o país. Foram feitos para auxiliar as equipes escolares na execução de seus trabalhos. Servirão de estímulo e apoio à reflexão sobre a prática diária, ao planejamento de aulas e, sobretudo, ao desenvolvimento do currículo da escola, contribuindo ainda para a atualização profissional. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&id=12598:publicacoes&Itemid=859.

⁸³ São orientações educacionais complementares aos PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais.

enfocado dentro de outros conteúdos, como a diversidade biológica ou o estudo sobre a identidade e classificação dos seres vivos, por exemplo. A presença do tema **origem e evolução da vida** ao longo de diferentes conteúdos não representa a diluição do tema evolução, mas sim a sua articulação com outros assuntos, como elemento central e unificador no estudo da Biologia (BRASIL, 2006, p.22, grifo nosso).

Os PCN+ (BRASIL, 2006, p.20) também destacam a importância de se abordar o processo evolutivo.

O aluno precisa ser capaz de estabelecer relações que lhe permitam reconhecer que tais sistemas [biológicos] se perpetuam por meio da reprodução e se modificam no tempo em função do processo evolutivo, responsável pela enorme diversidade de organismos e das intrincadas relações estabelecidas pelos seres vivos entre si e com o ambiente. O aluno deve ser capaz de reconhecer-se como organismo e, portanto, sujeito aos mesmos processos e fenômenos que os demais. Deve, também, reconhecer-se como agente capaz de modificar ativamente o processo evolutivo, alterando a biodiversidade e as relações estabelecidas entre os organismos (BRASIL, 2006, p.20).

Coyne (2014) expressa a influência da evolução em nossas vidas ao argumentar que:

Entre as maravilhas que a ciência tem revelado sobre o universo em que vivemos, nenhuma vem causando maior fascínio e frenesi do que a evolução. Isso provavelmente porque nenhuma majestosa galáxia ou neutrino fugaz tem implicações que se mostrem tão pessoais. Saber a respeito da evolução pode transformar-nos de uma maneira profunda. Mostra nosso lugar dentro de todo o esplêndido e extraordinário arsenal da vida. Cria um vínculo entre nós e cada ser vivo que há na Terra hoje e nos liga a miríades de criaturas mortas há muito tempo. A evolução fornece um relato fiel de nossas origens e toma o lugar dos mitos que nos convenceram por milhares de anos. Alguns acham isso muito assustador, outros acham que é algo indizivelmente estimulante. (COYNE, 2014, p.15).

Entretanto, Bizzo (2013, p.31) destaca que a compreensão da Evolução Biológica é muito pobre em vários lugares do mundo.

Parece imensa a distância entre o discurso sobre a importância da Biologia Evolutiva, juntamente com assuntos ligados ao fenômeno da Origem da Vida, e o ensino de Biologia na escola básica, com o lugar que é de fato concedido a essas questões nas pesquisas e publicações acadêmicas da área de Ensino de Ciências. No entanto a quantidade de publicações na área tem aumentado (MOTA; OLIVEIRA, 2013). Meyer e El-Hani (2005) esperam que a evolução tenha um papel mais central no ensino médio brasileiro em oposição à maneira pela qual vem sendo tratada. Os

autores destacam que “não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com quaisquer outros conteúdos abordados nas salas de aula de Biologia” (MEYER; EL-HANI, 2005, p.10). No entanto, para que isso aconteça é imprescindível o domínio do conteúdo por parte do professor e como afirma Alters e Alters (2011 apud BIZZO, 2011, p.59) a teoria da evolução biológica é um tema considerado controverso, as atitudes em sua direção são quase sempre influenciadas por ideias, memórias, experiências e concepções de evolução diferentes das estabelecidas pela ciência. Para Bizzo (2011, p.59) “o ensino de evolução biológica nas aulas de Ciências toma uma dimensão política mais conflitante nos Estados Unidos, liderado pelos movimentos religiosos fundamentalistas, denominados criacionistas”.

Castro e Augusto (2009) também compreendem que “os alunos apresentam dificuldades em compreender conceitos de evolução e há deficiências na formação dos professores”. Para esses autores, o ensino formal deveria propiciar a revisão de conceitos compreendidos de maneira equivocada no dia a dia, uma vez que os alunos, em sua maioria, obtêm informações sobre evolução biológica mediante revistas, jornais, televisão e internet. Desse modo é papel do professor desfazer as confusões conceituais e ensinar conceitos científicos.

Os professores se equivocam devido a três fatores: formação inicial inadequada; formação continuada ausente ou insuficiente; e dificuldade de acesso a boas literaturas (CASTRO; AUGUSTO, 2009). No caso específico da evolução biológica humana Moura e Silva-Santana (2012) apontam as mesmas causas e destacam a importância da formação continuada. Portanto, como é comum observar, os professores abordam a Evolução Biológica com superficialidade, e não raramente não a ensinam (CARNEIRO, 2004; MOURA; SILVA-SANTANA, 2012). Há a necessidade de aprimoramento de posturas e de argumentações dos professores quanto a suas próprias concepções, quando o assunto Evolução Biológica for tratado com os alunos (CASTRO; AUGUSTO, 2009). Oleques (2010, p.viii) em sua dissertação de mestrado concluiu que, embora a teoria evolutiva seja corroborada por vários autores, ainda causa dilemas no pensamento dos professores da área devido à sobreposição de aspectos sociais, religiosos e epistemológicos. Nesse ínterim, o trabalho de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003, p.1) aponta para a necessidade de se propor iniciativas tanto em nível de formação inicial quanto em

formação continuada de professores de Biologia, que contemplem de forma adequada a complexidade do tema Evolução Biológica.

Tydon e Lewontin (2004) destacam que a falta de preparo dos professores é uma⁸⁴ das grandes barreiras que impedem a aprendizagem adequada dos alunos. Marcelos e Nagem (2007), abordando o ensino de Evolução Biológica por meio de metáforas e analogias adequadas, concluem que há pouca compreensão por parte dos professores quanto às ideias de Charles Darwin. E, de acordo com Sepulveda e El-Hani (2009), os professores relatam frequentemente as dificuldades e desafios, quanto ao domínio dos conceitos e quanto aos conflitos enfrentados (sociais, religiosos, éticos, filosóficos, políticos), para trabalhar em sala de aula o tema “Evolução e Diversidade da Vida”.

Estudos como de Teixeira e Andrade (2014), que pesquisaram o ensino de Evolução Biológica por professores que professam uma fé religiosa, mostraram que professores reconhecem a importância desse conteúdo para o ensino de biologia, no entanto ficam divididos entre o ensino do criacionismo. Mesmo para professores que não professam fé religiosa, mas alguma forma de espiritualidade, a Evolução Biológica Humana pode causar algum desconforto, daí a grande relevância de compreendê-la e ensiná-la com qualidade, inclusive enfatizando as muitas controvérsias científicas presentes na área.

Danilo Vincensotto Bernardo (2013), biólogo pesquisador que realizou seu doutorado⁸⁵ em morfologia craniana comparada de crânios humanos americanos sob orientação do pesquisador e professor Walter Neves, lamentou, em entrevista falada em 2013 a respeito da ausência do ensino de evolução biológica humana na sua graduação (1998-2002) na Unesp-Botucatu. Diz Bernardo (2013):

Lá [na Unesp-Botucatu] eu tive professores excelentes, mas o nosso curso de evolução não era voltado à evolução humana. Nós discutíamos muito aspectos teóricos de evolução, de processos evolutivos, mas não de evolução humana (BERNARDO, 2013, informação verbal).

A informação acima, exarada por Danilo Bernardo, em 2013, ainda vigora nas universidades no Brasil, de maneira geral. Dificilmente encontraremos, mesmo

⁸⁴ O tempo disponível, a metodologia empregada pelo professor, a aceitação e o interesse dos alunos também influenciam, em maior ou menor intensidade, na aprendizagem.

⁸⁵ O título de sua tese de doutorado: “Diversidade craniana humana e suas implicações evolutivas” (2012).

atualmente, em 2016, grades curriculares de graduação em bacharelado ou licenciatura em Ciências Biológicas nas quais conste, ao menos, uma disciplina optativa que aborde, especificamente, a evolução biológica humana.

A evolução biológica humana é uma das áreas da biologia evolutiva mais controversa e, quando abordada na educação básica, enfrenta grandes dificuldades. Isso se agrava quando o professor não tem conhecimento suficiente a respeito do tema ou quando suas crenças e valores sociais interferem na compreensão e no ensino desse conteúdo (TIDON e LEWONTIN, 2004; LICATTI e DINIZ, 2005; GOEDERT, LEYSER e DELIZOICOV, 2006; MEGLHIORATTI, CALDEIRA e BORTOLOZZI, 2006; MARCELOS e NAGEM, 2007; SEPULVEDA e EL-HANI, 2009; TEIXEIRA e ANDRADE, 2014).

Bizzo (1991, p.201), após analisar as respostas de vários alunos de ensino médio a uma entrevista sobre Evolução Biológica, particularmente sobre Evolução Biológica Humana afirma que:

Pensar o que ocorre com os demais animais é pensar o que pode ocorrer com o Homem. Quando se pergunta a um aluno se ele acredita que um ser vivo possa ter dado origem a outro, o entrevistado parece ouvir outra pergunta. A julgar pela resposta, ele parece ter sido indagado se acredita que o Homem descende de outro animal; quase invariavelmente, ele cita o “macaco”. As transcrições das entrevistas mostram claramente essa tendência (BIZZO, 1991, p.201).

A respeito da origem do homem como um animal “a parte” e “privilegiado”, Stephen Jay Gould argumenta que precisamos entender que o *Homo sapiens* é “apenas um ramo minúsculo que surgiu tarde no enorme arbusto em forma de árvore da vida” e também que se trata de um “pequeno broto que certamente não apareceria uma segunda vez⁸⁶ se pudéssemos replantar a semente do arbusto para deixá-lo crescer novamente” (GOULD, 1994, p.7).

Podemos pensar no porque dos professores ensinarem sobre a evolução biológica humana já que esse conteúdo é tão controverso. Essa característica é

⁸⁶ O paleontólogo Simon Conway Morris, um dos poucos especialistas nos fósseis de Burgess Shale critica essa visão contingencial de Gould e argumenta, pautado em evidências de convergência e restrição evolutivas, que algo semelhante ao humano poderia aparecer uma segunda vez, mesmo que o ser humano da segunda vez fosse um pouco diferente do ser humano da primeira vez. Nos seus livros *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe* (2003 – A Solução da Vida: Humanos Inevitáveis em um Universo Solitário) e *The Runes of Evolution* (2015 – As Runas da Evolução) tal questão é abordada. O geneticista Jerry Coyne afirma que Conway Morris está errado, pois, pelo fato de ser cristão, Conway Morris está simplesmente tentando “provar” sua ideologia cristã (como se fosse um “viés confirmatório”). Conway Morris já houvera criticado a interpretação de Gould dos fósseis de Burgess Shale em 1998 no seu livro *The Crucible of Creation* (1998 – O Cadinho da Criação). Sobre a questão do aparecimento, inevitável ou não, da espécie humana na Terra, Coyne afirma que simplesmente a resposta mais adequada é “não sabemos” (COYNE, 2015).

justamente um aspecto importante e que vai indicar como o conhecimento científico é construído. Além disso, estudar (e aprender) sobre a evolução biológica humana é importante para nos percebermos como parte de um processo evolutivo e com ancestralidade comum como todos outros seres vivos. Desse modo, faz-se importante trabalhar a construção do conhecimento sobre evolução biológica humana evidenciando seu poder epistemológico e heurístico e demonstrando, que apesar de seu poder de explicação, ainda é um conhecimento em construção e rico em debates.

Um dos aspectos que se evidencia na construção científica é o papel das controvérsias científicas, o qual é fundamental para a compreensão da natureza da ciência. Dessa maneira, a abordagem de tais controvérsias no ensino de ciências na educação básica torna-se de grande relevância. No próximo tópico abordaremos esses aspectos educacionais.

3.2. INTERAÇÕES POLÊMICAS E HISTÓRIA DA CIÊNCIA

A LDBEN - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), no seu art. 36, apresenta a “compreensão do significado da ciência” como uma importante diretriz a ser observada no currículo a ser ensinado no ensino médio.

O currículo do ensino médio observará o disposto na Seção I deste Capítulo e as seguintes diretrizes:

I - destacará a educação tecnológica básica, **a compreensão do significado da ciência**, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania (BRASIL, 1996, p.14, grifo nosso).

A aprendizagem *das* ciências (os conteúdos específicos) deve ser realizada juntamente com a aprendizagem *sobre as* ciências (sobre como são construídos os conteúdos científicos, sobre a natureza da ciência, sobre suas “regras”, e seus “métodos”), ou seja, a ciência como um processo em construção, juntamente com suas dimensões sociais, filosóficas e históricas (MEYER; EL-HANI, 2005, p.10). E, ao adentrarmos a ciência como processo, nos deparamos com as discordâncias internas, as quais são de grande relevância para a transformação da da ciência.

Dascal (2011, p.786) destaca que a escola deve ensinar aos alunos a viver em mundo onde a controvertibilidade⁸⁷ é a regra e não a exceção.

Um dos grandes benefícios do uso da interação polêmica (controvérsia científica) para o ensino de ciência é capacidade de evitar a doutrinação de uma única ideia, de uma única hipótese ou de um único ponto de vista. O uso das polêmicas estimula o raciocínio e a argumentação, afinal um lado terá que apresentar hipóteses e evidências convincentes e racionais para persuadir o outro. Isso auxilia na prática de aprender a ouvir, de respeitar e de analisar argumentos divergentes.

As interações polêmicas devem ser trabalhadas em sala de aula de modo a apresentar os caminhos em desacordo, porque estão em desacordo e suas hipóteses alternativas. Sander (2011, p.760), baseando-se no 2º princípio do Consenso de Beutelsbach⁸⁸ de 1977, destaca:

O que é controverso na ciência e na política deve também no ensino aparecer como tal. Esta exigência está intimamente ligada à anterior [ao 1º princípio], pois quando pontos de vista diferentes ficam escondidos, as opções diminuem, as alternativas permanecem sem discussão, avança-se no caminho para a doutrinação (SANDER, 2011, p.760, tradução nossa).

Muitas vezes os dois lados da polêmica se dizem valer de evidências científicas que corroboram ambas as posições (VELHO; VELHO, 2002). A compreensão do que é e de como funciona a ciência proporciona aos cidadãos maior poder de intervenção e influência em processos decisórios relacionados com propostas de desenvolvimento científico e tecnológico (REIS, 2009, p.12). Seguindo o raciocínio de Reis, adicionamos que somente o conhecimento sobre a “natureza

⁸⁷ Contexto pedagógico de abertura à possibilidade de diversas controvérsias nos processos de conhecimento e de ensino.

⁸⁸ No outono de 1976, o novo diretor do centro estadual para a formação política de Baden-Württemberg, Siegfried Schiele, convidou para uma jornada em Weinstadt-Beutelsbach, proeminentes cientistas da recém-criada didática da formação política. O resultado substancial da jornada de Beutelsbach foi o assim chamado “Consenso de Beutelsbach”. Seus três princípios fundamentais são: 1) Não-doutrinação e não-opressão ao aluno. Não se pode permitir que os alunos sejam tomados de assalto no sentido das opiniões desejadas e, com isso, impedidos da “formulação do juízo independente de cada um” e é precisamente neste ponto que a linha divisória funciona entre educação e doutrinação. A doutrinação é incompatível com o papel de um professor em uma sociedade democrática e com o objetivo universalmente aceito de tornar os alunos capazes de julgamento independente; 2) Ensino das controvérsias (como realmente são) na ciência e na política, isto é, o que é controverso deve, de fato, ser ensinado pelos professores como controverso. O ponto de vista pessoal dos professores não é tão importante e até desinteressante e; 3) O aluno deve ser promovido à condição em que possa analisar uma situação política e sua própria posição de interesse, bem como buscar meios e caminhos para exercer influência sobre a posição em que se encontrava antes no sentido de seus interesses (CONSENSO DE BEULTESBACH, 1977).

da ciência” possibilitará uma melhoria significativa no ensino de ciências e de biologia da educação básica por promover a capacidade de argumentação, de raciocínio, de análise, e de cooperação.

Reis (2009, p. 12) segue adiante afirmando o equívoco da escola em tratar a ciência apenas como um produto pronto, altamente objetivo, definido e acabado.

Apesar da ciência, constituir um campo de controvérsias (tanto científicas como sócio-científicas) que evolui e se desenvolve através de conjectura e especulação, alimentadas pela própria controvérsia [polêmica], a representação desta instituição no currículo acadêmico nem sempre reflete esta característica. Habitualmente, a escola retrata a ciência como coerente, objetiva, não problemática e claramente distinguível de atividades não científicas, veiculando um modelo de racionalidade científica que leva os cidadãos a pensarem que os métodos de investigação rigorosos revelam, de forma repetida, única e sem ambiguidades, factos verdadeiros sobre o mundo natural. No entanto, a realidade é bem diferente (REIS, 2009, p.11).

Miller e Levine (2015) são favoráveis à utilização das interações polêmicas (controvérsias científicas) como ferramentas de ensino, no entanto, alertam que é necessário que isso aconteça em um momento propício a esse tipo de aula, o qual eles chamam de “momento ensinável”, isto é, faz-se indispensável uma preparação adequada para que a aprendizagem aconteça efetivamente. É necessário preparar os alunos e perceber quando eles estão “prontos e dispostos a agir em seu interesse de realmente explorar a ciência nos seus bastidores” (MILLER; LEVINE, 2015, p.1). “As controvérsias em torno da ciência são um local estratégico e frutífero para estudos de ciência devido a uma dupla consciência - epistemológica e política” (BRANTE; ELZINGA, 1990, p.33). Para evidenciar o caráter dinâmico, coletivo e sistemático da ciência, a abordagem de controvérsias é indispensável. Segundo Kipnis (2001, p.33):

Uma **discussão aprofundada de controvérsias científicas** em sala de aula é uma das melhores maneiras de utilizar o tempo limitado de que os professores dispõem para usar a **história da ciência no ensino de ciências**. Acompanhar um debate científico pode melhorar a compreensão dos estudantes do modo de trabalho interno da ciência, em particular, uma introdução de uma nova teoria científica e sua relação com a experimentação. Mostrando os resultados científicos como questões passíveis de debate, mais similares a outras atividades humanas que são mais fáceis de compreender, como um debate político ou um procedimento de julgamento, que pode acender um interesse pela ciência em alguns estudantes (KIPNIS, 2001, p.33, grifos nossos).

As ideias antagônicas, e ambas equivocadas, de que “as pesquisas científicas estão sempre certas” e de que “a ciência é uma desordem e os cientistas nunca se entendem” precisam ser esclarecidas para que haja um desenvolvimento adequado do pensamento científico e uma educação científica de melhor qualidade. Nesse contexto, Martins (1998) afirma que se deve evitar tanto uma visão ingênua em que a ciência está sempre certa e é imutável como uma visão de que o conhecimento científico se constitui em mera opinião. Compreendemos, portanto, que ensinar ciência por meio de interações polêmicas permite evitar a doutrinação de uma única ideia ou de uma única hipótese ou de um único ponto de vista, além de estimular o raciocínio e a argumentação (DASCAL, 2011). Permite também ao aluno uma melhor compreensão do que seja a natureza da ciência e, sendo assim, defendemos que sem a abordagem de polêmicas científicas na sala de aula a aprendizagem das ciências será incompleta e inadequada.

Ensinar ciências através de polêmicas é ensinar como a ciência é feita, é ensinar sua natureza. E, pelo fato das controvérsias científicas serem episódios históricos, por conta de terem um período de ocorrência, acreditamos que seja de grande relevância a utilização da história da ciência (HC) e, preferencialmente, unida à filosofia da ciência.

Na década de 1930 ocorreu um Encontro em Londres sobre a HC e um grupo de pesquisadores soviéticos apresentou trabalhos que consideravam a influência de fatores sociais (externos ou não epistêmicos) na construção do conhecimento científico. Esse Encontro teria inaugurado o debate sobre a influência dos fatores externos na ciência (ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004). Segundo Prestes e Caldeira (2009), o ensino das ciências pautado no contexto próprio das ciências de cada época, o chamado “ensino contextual de ciências”, têm sido foco de grande interesse nas últimas décadas, inclusive com o aparecimento de uma nova comunidade de pesquisadores (principalmente a partir da década de 1970), o que permitiu consolidar um campo de pesquisa que procura compreender “as componentes históricas, filosóficas, sociais e culturais da ciência, dando ênfase às potencialidades de sua utilização nas aulas de ciências do ensino básico e superior” (PRESTES; CALDEIRA, 2009, p.1). Os problemas existentes no campo do ensino-aprendizagem das ciências motivaram historiadores da ciência, filósofos da ciência e sociólogos da ciência a se unirem aos pesquisadores do ensino de física, química e biologia. Essa união resultou em grande aumento de

publicações no Brasil e no exterior discutindo a respeito das contribuições de cada área para a educação científica (PRESTES; CALDEIRA, 2009).

Segundo os PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), fora a partir, principalmente, da década de 1980 que “o ensino das Ciências Naturais se aproxima das Ciências Humanas e Sociais, reforçando a percepção da Ciência como construção humana, e não como ‘verdade natural’” (BRASIL, 2000, p.21). Além disso, nova atenção é dada à História da Ciência e à Filosofia da Ciência no processo educacional. Desde então, também o processo de construção do conhecimento científico pelo estudante passou a ser a tônica da discussão do aprendizado, valorizando as ideias dos estudantes, as quais são construídas no seu próprio meio social. Dessa forma, segundo consta nos PCNs

A **História da Ciência** tem sido útil nessa proposta de ensino, pois o conhecimento das teorias do passado pode ajudar a compreender as concepções dos estudantes do presente, além de também constituir conteúdo relevante do aprendizado. Por exemplo, ao ensinar evolução biológica é importante que o professor conheça as ideias de seus estudantes a respeito do assunto (BRASIL, 2000, p.21, grifo nosso).

A discussão da natureza da ciência, por meio da utilização da História da Ciência⁸⁹, tem sido o foco de muitos trabalhos de pesquisa na área educacional, pois se considera que esta abordagem propicia compreensão da ciência como uma construção humana que sofre influência do contexto sociocultural da época em que foi construída (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2009).

Segundo Silva e Moura (2008, p. 1602-1) “conhecer a história do desenvolvimento e do processo de aceitação de teorias científicas pode ajudar os professores a incluir discussões sobre a natureza da ciência no ensino de ciências”. Ferreira e Oliveira (2013) realizaram uma pesquisa em formação docente com o intuito de sensibilizar os professores quanto à importância da utilização da história e filosofia da ciência (HFC) para o ensino da natureza da ciência e destacaram os obstáculos e desafios relacionados à transposição didática da HFC para a área educacional. Além disso, fizeram algumas propostas para trabalhar o tema. Carneiro e Gastal (2005) analisaram três coleções de livros didáticos de Biologia do Ensino

⁸⁹ Foram analisadas, por Gandolfi e Figueirôa (2013), teses e dissertações brasileiras, publicações em periódicos dos níveis A1, A2, B1 e B2 na classificação Qualis/CAPES e textos das edições anteriores do ENPEC, totalizando 33 propostas entre os anos de 1993 e 2013, referentes a propostas didáticas de utilização da História da Ciência na Educação Básica e Ensino Superior.

Médio (PNLEM⁹⁰) e alguns livros de ensino universitário. Essas pesquisadoras concluíram que “a história apresentada [nos livros] é desvinculada do contexto cultural de cada período histórico, o que pode levar o aluno a construir uma falsa representação da ciência e do fazer científico” (CARNEIRO; GASTAL, 2005, p.33). Silva, Santos e Mendonça (2013) analisaram duas coleções de livros didáticos do PNLEM de Química e concluíram que “as informações históricas [são] meramente descritivas e simplistas, indicando a importância dos cientistas e a ênfase na apresentação de descobertas científicas [...] sem, contudo, discutir os processos que levaram a tais descobertas” (SILVA; SANTOS; MENDONÇA, 2013, p.1). Carl Sagan (2006, p.41) retrata o difícil desafio que se apresenta ao divulgador da ciência para contar a “história real e tortuosa” dos processos científicos de aquisição de conhecimento, inclusive criticando os textos escolares como “levianos”. Declara Sagan que

É um desafio supremo para o divulgador da ciência, **deixar bem clara a história real e tortuosa das grandes descobertas**, bem como os equívocos e, por vezes, a recusa obstinada de seus profissionais a tomar outro caminho. Muitos **textos escolares, talvez a maioria dos livros didáticos científicos, são levianos nesse ponto**. É muitíssimo mais fácil apresentar de modo atraente a sabedoria destilada durante séculos de interrogação paciente e coletiva da Natureza do que detalhar o confuso mecanismo da destilação (SAGAN, 2006, p.41, grifos nossos).

Ao contar a história da ciência de maneira mais fidedigna perceberemos que a construção do conhecimento científico é recheada de contendas, debates e controvérsias e que essas discussões e discordâncias são a regra, e não a exceção. O estudo da HC nos fornece uma visão muito mais próxima de como ocorre o processo incessante de (re) construção do conhecimento científico. Procurando apresentar em sala de aula a ciência dessa forma possibilitaremos o desenvolvimento de uma percepção mais crítica e contextual em relação à ciência e uma melhor educação científica.

3.3. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E PERCEPÇÃO DOS PROFESSORES

Vários estudos têm demonstrado visões distorcidas de alunos e de professores com relação à natureza da ciência (HARRES, 1999; GIL-PEREZ et al.,

⁹⁰ Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio.

2001; SANMARTÍ, 2002; SCHEID, 2006; SAMPAIO; BATISTA, 2007; BATISTA, 2007; FERRAZ; OLIVEIRA, 2007; RAMOS; MELO; TEIXEIRA, 2007; YAMAZAKI; STUANI; SANTOS, 2013; BUCH; SCROEDER, 2013; e FARIA et al., 2014). Pereira e colaboradores (2013), ao analisarem as respostas a um questionário (tipo-Likert) sobre a natureza da ciência, aplicado a professores de ciências, de química, de física e de biologia da rede pública do estado da Paraíba, chegaram à conclusão de que há uma compreensão dogmática do conhecimento científico e que ainda persiste uma imagem de ciência rígida, objetiva e socialmente neutra. Os pesquisadores sugerem, portanto, “a abertura de espaços para um maior enfoque da natureza da ciência, História e Filosofia da Ciência e das relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente na formação destes professores” (PEREIRA et al., 2013, p.1).

Com base nas dificuldades apontadas na literatura da área e percebidas pela nossa própria vivência docente, buscamos nessa dissertação discutir o papel das controvérsias científicas na construção do conhecimento científico em um curso de formação continuada de professores, como modo de propiciar uma visão contextualizada, dinâmica e divergente da ciência.

No ensino de biologia e de evolução, destaca Francisco J. Ayala (2007), torna-se um grave problema o desconhecimento dos mecanismos de elaboração da ciência pelas pessoas leigas e fundamentalmente pelos professores de ciências que ainda não compreenderam o significado do termo “teoria” no âmbito da ciência e acabam, equivocadamente, concluindo que a evolução biológica é “apenas” uma “teoria”. Afirma Ayala (2007) que

Oponentes do ensino da teoria da evolução declaram que ela é “**apenas**” uma teoria e não um fato. Além disso, adicionam eles, a ciência depende de observação, replicação, e experimentação, mas ninguém viu a origem do universo ou a evolução das espécies, nem esses eventos foram replicados no laboratório [...] Essas alegações surgem de um desentendimento fundamental da natureza da ciência e de como as teorias científicas são testadas e validadas (AYALA, 2007, p.139, tradução nossa, grifo nosso).

Ainda sobre essa questão Ayala (2010) diz se surpreender com tais alegações afinal “está além de qualquer dúvida razoável de que os organismos, incluindo os humanos, evoluíram de ancestrais que eram muito diferentes deles” (AYALA, 2010, p.xii, tradução nossa). Ayala (2010) diz ainda que

A evolução dos organismos é aceita pelos cientistas com o mesmo grau de confiança que eles aceitam outras teorias bem confirmadas, tais como a revolução da Terra ao redor do sol, a expansão das galáxias, a teoria atômica ou a teoria genética da herança biológica (AYALA, 2010, p.xiii, tradução nossa).

Gil-Perez e colaboradores (2001) indicam algumas deformações sobre natureza da ciência muito comum tanto em professores como em alunos, estas concepções deformadas da ciência são: empírico-indutivista e ateuórica; rígida, exata, algorítmica e com método científico infalível ou uma visão relativista extrema; a-problemática e a-histórica (fechada e dogmática); exclusivamente analítica; acumulativa e de crescimento linear; individualista e elitista; socialmente neutra.

Para Michael R. Matthews⁹¹ (2001) a HFC podem: a) humanizar as ciências e conectá-las a interesses pessoais, éticos, culturais e políticos. Há evidências de que isto faz a ciência mais atraente para muitos estudantes, e em especial às garotas, que normalmente a rejeitam; b) contribuir para superar o "mar de falta de sentido", onde fórmulas e equações são recitadas sem o conhecimento do que significam ou ao que se referem; c) melhorar a formação de professores, ajudando-os a desenvolver uma compreensão mais rica e mais autêntica da ciência e seu lugar no esquema social e intelectual das coisas. Isto afeta a forma como eles ensinam e a mensagem que eles transmitem aos alunos; d) ajudar os professores a analisar as dificuldades de aprendizagem dos alunos, pois ela alerta a eles para as dificuldades históricas de desenvolvimento científico e da mudança conceitual. Esse conhecimento pode ajudar na organização do currículo e do ensino das lições; e) contribuir para o esclarecimento de muitos debates contemporâneos que envolvem professores de ciências e planejadores de currículo (MATTHEWS, 2001).

Para Dias (2001, p.227), a História da Ciência no ensino tem grande relevância pelo fato de que "a História revive os elementos do pensar de uma época, revelando, pois, os ingredientes com que o pensamento poderia ter contado na época em que determinada conquista foi feita".

Porto e Vidal (2007) questionam a respeito de "qual" História da Ciência deveria ser ensinada ou inserida nos currículos escolares. Há duas maneiras de se inserir a História da Ciência nas aulas (ou num curso) de ciências, a saber: abordagem inclusiva (*add-on approach*) e abordagem integrada (*integrated*

⁹¹ Matthews foi o fundador do periódico *Science & Education* (1992), o principal periódico a tratar de abordagens históricas, filosóficas e sociológicas no ensino-aprendizagem de ciências e matemática (PRESTES e CALDEIRA, 2009).

approach). A abordagem inclusiva insere a História da Ciência nas aulas através de episódios históricos específicos (ou “estudos de casos” e inserções pontuais). A inserção da História da Ciência, segundo a abordagem integrada, utiliza a História da Ciência como “fio condutor”, ou seja, apoia todo um curso de graduação ou uma disciplina, por exemplo, na perspectiva histórica. As duas abordagens têm sua relevância no ensino de Ciências, e poderíamos utilizar as duas, a questão é saber quando e como utilizá-las com qualidade. No entanto, provavelmente aquela que prepondera (ou que preponderará) será a abordagem inclusiva (PRESTES; CALDEIRA, 2009). Um dos motivos para essa afirmação é que a abordagem integrada (*integrated approach*) exige do professor um conhecimento amplo e profundo de história da ciência dentro de várias áreas, já a abordagem inclusiva (*add-on approach*), menos.

Hidalgo e Junior (2014) apontam a HFC como uma ferramenta relevante para auxiliar professores e alunos na construção da argumentação. Boniek Silva (2012) critica certo “consenso” estabelecido em relação à incorporação de elementos históricos e filosóficos no ensino médio e fala de tal consenso como um consenso aparente, afinal há muita discussão de como utilizar, ou aplicar, a HFC na sala de aula. Esse autor utilizou episódios históricos relativos à Óptica e às controvérsias científicas acerca da natureza da luz. Segundo ele houve dificuldade na aplicabilidade, no entanto houve melhoria da compreensão de alguns conceitos de óptica geométrica e da natureza da ciência. Concluiu a pesquisadora que a inserção da HFC nas aulas de física pode facilitar a compreensão de conceitos científicos, da natureza do conhecimento científico e da ciência como uma produção sócio-cultural.

A partir das discussões, argumentações e dados acima exarados nos parece que a abordagem da HFC em sala de aula se torna indispensável para uma compreensão mais adequada da natureza da ciência com todas as suas incessantes contendidas, disputas, controvérsias e discordâncias internas e externas. Sem esse enfoque dificilmente o aluno conseguirá desenvolver uma concepção adequada e contextual da construção da ciência. Utilizar alguns exemplos de contendidas científicas históricas só tende a melhorar a qualidade da educação em ciências. Contudo, para a utilização significativa da HFC é necessário que os professores tenham uma formação inicial e continuada que propicie isso. No próximo item abordaremos o papel da formação continuada (ou contínua), que a nosso ver é

fundamental para o trabalho com controvérsias científicas na sala de aula, uma vez que permite ao professor a continuidade de seu aprendizado bem como reconstruções conceituais.

3.4. FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES

Novas políticas e mudanças educacionais têm ocorrido nos últimos 20 anos no Brasil, como, por exemplo, a LDBEN⁹² (1996), o Fundef⁹³ (1996), os PCN⁹⁴ (1998), o Fundeb⁹⁵ (2006), PCN+⁹⁶ (2006), modificações e remodelações curriculares, PDE⁹⁷ (2007), Emenda 59⁹⁸ (2009), mais recentemente o Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio⁹⁹ (2013), a aprovação, em julho de 2014, do PNE-2¹⁰⁰ para o decênio 2011-2020 (ou, mais precisamente, para 2014-2024) e as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial (FI) em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada (FC), de julho de 2015. Apesar de todos esses avanços a formação e a valorização do professor continuam sendo negligenciadas. Segundo Pasi Salhberg¹⁰¹ (2012, p.10) essa negligência não ocorre em países com elevado nível de aprendizagem, isto é, nos países onde há sério e honesto investimento (cultural e financeiro) no professor a aprendizagem dos alunos se estabelece e a revolução (em maior ou menor grau) pela educação acontece.

⁹² Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

⁹³ Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental.

⁹⁴ Parâmetros Curriculares Nacionais.

⁹⁵ Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação.

⁹⁶ Orientações Adicionais aos PCN de 1998.

⁹⁷ Plano de Desenvolvimento Educacional.

⁹⁸ Prevê a obrigatoriedade do ensino de quatro a dezessete anos e amplia a abrangência dos programas suplementares para todas as etapas da educação básica.

⁹⁹ O Ministério da Educação e as secretarias estaduais e distritais de educação assumem o compromisso pela valorização da formação continuada dos professores e coordenadores pedagógicos que atuam no ensino médio público, nas áreas rurais e urbanas.

¹⁰⁰ Plano Nacional de Educação - Plano de metas da educação brasileira para serem cumpridas entre 2011-2020.

¹⁰¹ Pasi Salhberg é um pesquisador finlandês de ensino e aprendizagem e mudança educacional, diretor de um centro de estudos vinculado ao Ministério de Educação da Finlândia, professor formador de professores e palestrante convidado por várias universidades do mundo para falar sobre o "Fenômeno Educacional Finlândia". Escrevera o livro *Finnish Lessons (Lições Finlandesas)* no qual explica a **revolução pela educação** ocorrida em tal país.

Um país com uma população adequadamente escolarizada em termos de anos de estudo, frequentando uma escola de boa qualidade, apresenta 1) índices de criminalidade mais baixos; 2) melhores indicadores relativos à saúde; 3) menor mortalidade infantil; 4) menores taxas de desemprego; 5) menor possibilidade de vir a enfrentar situações de instabilidade econômica (FUNDAÇÃO VICTOR CIVITA, 2011). Segundo Sacristán (1998) o professor é a peça mais importante quando se objetiva a renovação de um sistema educativo. Assim fez a Finlândia¹⁰² (a partir da década de 1970) e passou a ser chamada por alguns pesquisadores de “Fenômeno Finlândia”.

Autores como Nóvoa (1998), Mizukami (2002) e Tardif (2005), estimulados pelas novas políticas educacionais, têm publicado a respeito do tema e se debruçado sobre as atividades nas escolas a partir dessas políticas. A ausência, ou insuficiência, de uma FI e FC de qualidade e de uma valorização eficaz e sensata do professor é uma das mais relevantes características que colocam o Brasil com um dos piores índices de educação do mundo e a Finlândia (e outros) com um dos melhores, quando não o melhor, isto é, o investimento no professor é indispensável. No lugar de toneladas de exercícios e de um ritmo frenético de estudo, na Finlândia, há pouco dever de casa, e a maior preocupação é com a qualidade dos professores e a qualidade dos ambientes de aprendizagem (SAHLBERG, 2012).

Naturalmente, certas práticas educativas na Finlândia funcionam (e podem não funcionar no Brasil, por exemplo) apenas porque o “estado mental” da sociedade (alunos, pais, professores e instituições) é propício para isso, isto é, a mentalidade finlandesa confere à educação, e aos professores, alto valor. Não é à toa que a docência é uma das profissões mais procuradas pelos jovens, e o salário não é o responsável (ou não o único nem o principal), até porque o salário¹⁰³ não é alto.

Percebemos que os relatórios do PREAL¹⁰⁴, do PISA¹⁰⁵ e da OCDE¹⁰⁶ apontam que a pesar de todo o investimento para o estabelecimento e a execução

¹⁰² Apesar de Finlândia e alguns países asiáticos, tais como China (apenas algumas poucas cidades), Japão e Coreia do Sul, serem considerados os melhores sistemas educacionais, os dois sistemas, finlandês e asiático, são diferentes, por exemplo, o sistema asiático valorizando a competição e o finlandês, a cooperação.

¹⁰³ O salário de professores finlandeses não é alto, podemos dizer que seja um salário médio a alto (por volta de R\$5.000 a 6.000 em início de carreira), entretanto lembramos que apesar do salário não ser alto as políticas públicas e sociais são de alta eficiência, as escolas possuem médicos, dentistas, nutricionistas, psicólogos, o sistema de saúde é eficiente e gratuito etc.

¹⁰⁴ Programa de Promoção de Reforma Educativa na América Latina e no Caribe.

de programas de formação de professores, o retorno verificado tem estado sempre aquém do esperado. Segundo o Inep¹⁰⁷ (BRASIL, 2014), o PISA configura-se num programa de grande relevância para a identificação de avanços e deficiências na educação brasileira auxiliando, portanto, a implementação de políticas e ações que possam corrigir as deficiências e manter ou ampliar os avanços:

O objetivo do PISA é produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico. A avaliação procura verificar até que ponto as escolas de cada país participante estão preparando seus jovens para exercer o papel de cidadãos na sociedade contemporânea. Os resultados desse estudo podem ser utilizados pelos governos dos países envolvidos como instrumento de trabalho na definição e refinamento de políticas educativas, procurando tornar mais efetiva a formação dos jovens para a vida futura e para a participação ativa na sociedade (BRASIL, 2014).

Dentre os 65 países participantes do PISA/2012, o Brasil classificou-se em 58º em matemática, 55º em leitura e 59º em ciências (OECD, 2013). Foi apenas em 1961 que o ensino de ciências passou a ser obrigatório no currículo das escolas brasileiras. O professor e cientista Oswaldo Frota-Pessoa escreveu, àquela época (década de 1960), um livro onde abordava as dificuldades do ensino de ciências nas escolas, o que se configura num quadro semelhante ao atual. Isso reflete a “cultura” do fracasso escolar na área das Ciências (BIZZO, 2009, p.14). O intrigante é reconhecer que o Brasil se enquadra entre a 5ª ou 6ª economia mais rica do planeta e amarga as últimas (ou quase últimas) posições na educação. Cristóvam Buarque (2012) argumenta que o Brasil é um “crematório de cérebros” ao não oferecer escolas de qualidade e as chances para que os estudantes desenvolvam seus talentos e aptidões. Buarque (2012) defende também que o governo federal deveria convocar todas as forças nacionais para superar o problema da educação básica brasileira, afinal a principal infraestrutura necessária para um país avançar é a infraestrutura do pensamento e do conhecimento (BUARQUE, 2012).

De acordo com o Ministério da Educação (BRASIL, 2003), no final da década de 1990, a formação disponibilizada aos professores brasileiros não contribuiu para que seus alunos tivessem sucesso nas aprendizagens escolares. Pode-se afirmar que a política educacional pós 1990, alinhada aos ajustes

¹⁰⁵ *Programme for International Student Assessment* (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes), criado no ano 2000.

¹⁰⁶ *Organisation for Economic Co-operation and Development* (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico).

¹⁰⁷ Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa.

neoliberais, fundamentou-se em bases totalmente contraditórias que priorizaram a educação como estratégia para o desenvolvimento econômico e a redução da pobreza, e ao mesmo tempo, incentivaram a redução dos investimentos, e o predomínio de modelos de gestão mais flexíveis que conferiram uma visão mercantilista à educação (ZORZETTI; BARROS, 2009).

Segundo Nascimento, Fernandes e Mendonça (2010, p.226), o Brasil se tornou, nos últimos 30 anos, um importante campo de políticas educacionais além de objeto de estudos acadêmicos. Em 2004 é criada, pelo MEC, a Rede Nacional de Formação Continuada de Professores com o objetivo de “contribuir para a melhoria da formação dos professores e alunos. O público-alvo são professores de educação básica dos sistemas públicos de educação”. As áreas de formação são: alfabetização e linguagem, educação matemática e científica, ensino de ciências humanas e sociais, artes e educação física (BRASIL, 2004).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas (BRASIL, 2001) destacam a importância do conhecimento profundo na área evolutiva, além do papel como educador. O Bacharel e o Licenciado em Ciências Biológicas deverá ser:

- b) detentor de adequada fundamentação teórica, como base para uma ação competente, que inclua o **conhecimento profundo** da diversidade dos seres vivos, bem como sua organização e funcionamento em diferentes níveis, suas **relações filogenéticas e evolutivas**, suas respectivas distribuições e relações com o meio em que vivem;
- e) consciente de sua responsabilidade como **educador**, nos vários contextos de atuação profissional (BRASIL, 2001, p.3).

Especificamente para a licenciatura em Ciências Biológicas serão incluídos, no conjunto dos conteúdos profissionais, os conteúdos da Educação Básica, consideradas as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores em nível superior, bem como as Diretrizes Nacionais para a Educação Básica e para o Ensino Médio (BRASIL, 2001).

Segundo o Art. 3º das novas DCNs¹⁰⁸ para a Formação Inicial e Continuada em Nível Superior de Profissionais do Magistério para a Educação Básica, de julho de 2015, a FI e a FC têm objetivos distintos. Enquanto a FI “**prepara**” os futuros profissionais, a FC “**desenvolve**” (aperfeiçoa, aprimora) esses mesmos profissionais para funções de magistério na educação básica em suas etapas e modalidades:

¹⁰⁸ Diretrizes Curriculares Nacionais.

A formação inicial [FI] e a formação continuada [FC] destinam-se, respectivamente, à **preparação** e ao **desenvolvimento** de profissionais para funções de magistério na educação básica em suas etapas - educação infantil, ensino fundamental, ensino médio – e modalidades - educação de jovens e adultos, educação especial, educação profissional e técnica de nível médio, educação escolar indígena, educação do campo, educação escolar quilombola e educação a distância - a partir de compreensão ampla e contextualizada de educação e educação escolar, visando assegurar a produção e difusão de conhecimentos de determinada área e a participação na elaboração e implementação do projeto político-pedagógico [PPP] da instituição, na perspectiva de garantir, com qualidade, os direitos e objetivos de aprendizagem e o seu desenvolvimento, a gestão democrática e a avaliação institucional (BRASIL, 2015, p.3, grifos nossos).

A FC deve ter como objetivo principal **aprimorar os conhecimentos** daqueles profissionais que já estão no mercado de trabalho, entretanto, como afirma Candau (1996)

A formação continuada [FC] não pode ser concebida como um processo de acumulação (de cursos, palestras, seminários, etc. de conhecimentos e técnicas), mas sim como um trabalho de flexibilidade crítica sobre as práticas e de (re) construção permanente de uma identidade pessoal e profissional, em interação mútua. E é nessa perspectiva que a renovação da formação continuada vem procurando caminhos novos de desenvolvimento (CANDAU, 1996, p. 150).

Lilian Chimentão (2009, p.3) argumenta que a FC é o “processo permanente de aperfeiçoamento dos saberes necessários à atividade profissional, realizado após a formação inicial, com o objetivo de assegurar um ensino de melhor qualidade aos educandos”. Portanto, toda e qualquer atividade realizada (dentro ou fora das universidades e das escolas), que engendre melhorias nas habilidades e competências do professor em refletir, aprender e ensinar, poderemos considerá-la como FC. Naturalmente que, apesar da importância enorme e indispensável da FC, é necessário que nos esforcemos e façamos o que for possível para que a FI seja de excelência.

Pacca e Scarinci (2012) sugerem que, devido ao fato de as práticas de sala de aula ser tão diferentes dos discursos sobre o ensino e a aprendizagem, os programas de FC trabalhem com **problemas próprios do professor, autenticamente gerados por ele** (e são muitos e diversificados), para que seja possível a aplicação efetiva em sala de aula. Candau (1997) também defende a mesma ideia. Os cursos de FC devem ser pensados e oferecidos, em primeiro lugar,

a partir das **necessidades reais** do cotidiano escolar do professor e que o *locus* (local) mais importante para tal formação é a própria escola. Quando falamos em “necessidades reais” do cotidiano do professor, a biologia evolutiva talvez seja a área (ou uma das áreas) em que os professores mais citam, por terem maior necessidade real de abordá-la com qualidade e eficiência.

Essa necessidade foi constatada ao longo dos anos ao conversar com dezenas e dezenas de colegas professores, a respeito, que apresentavam tal necessidade e, em alguns ou vários casos, até certa angústia pela falta de domínio conceitual na área e, além de não compreender o conteúdo para sua própria satisfação intelectual, o problema maior aparece no momento da sala de aula. Como explicar isso? Qual a *melhor* maneira de explicar isso? Como responder tal questionamento ao meu aluno? A evolução biológica ocorreu mesmo? É apenas uma teoria? Há tantas evidências mesmo? Será que as evidências que estão no livro didático são suficientes e consistentes mesmo? Esses questionamentos denotam a dificuldade de trabalhar nas aulas de ciências e biologia nessa temática, o que justifica a proposição de cursos de formação para atender a essa demanda.

Nascimento (2000), ao pesquisar a adesão dos professores aos cursos e capacitações de FC percebeu que tais propostas de formação têm apresentado baixa eficácia e, portanto, certa indiferença por parte dos professores, afinal tais capacitações podem não contribuir para o seu desenvolvimento profissional e para sua prática na sala de aula e, então, sua realidade do dia a dia na escola em nada muda. Alguns motivos para a baixa eficácia e indiferença dos professores podem ser apresentados: a abordagem em excesso dos aspectos normativos, o distanciamento entre teoria e prática; a falta de projetos coletivos e institucionais, etc (NASCIMENTO, 2000). Chimentão (2009), utilizando levantamento bibliográfico para desenvolver estudos sobre o significado da FC, chegou à conclusão de que a essa formação, de qualidade, deve propiciar maior articulação entre teoria e prática, deve formar profissionais competentes, com sólida fundamentação teórica e com capacidade de análise e reflexão crítica acerca de todos os aspectos que compõem e influenciam o contexto escolar.

Libâneo (2004, p.5) defende que “a formação continuada é o prolongamento da formação inicial, visando o aperfeiçoamento profissional teórico e prático [...] e o desenvolvimento de uma cultura geral mais ampla, para além do exercício profissional”, ou seja, a FC não deve ter a função apenas de corrigir as falhas da FI

como se fosse um curso “tapa buracos”.

Para Cristiane Wengzynski e Suzana Tozetto (2012, p. 4), a FC é uma maneira de “articular antigos e novos conhecimentos nas práticas dos professores”, o que pode e deve gerar mudanças e transformações em direção à melhoria do ensino-aprendizagem. Tais autoras também argumentam que

A formação continuada [FC] contribui de forma significativa para o desenvolvimento do conhecimento profissional do professor, cujo objetivo entre outros, é facilitar as capacidades reflexivas sobre a própria prática docente elevando-a a uma consciência coletiva. A partir dessa perspectiva, a formação continuada conquista espaço privilegiado por permitir a aproximação entre os processos de mudança que se deseja fomentar no contexto da escola e a reflexão intencional sobre as consequências destas mudanças (WENGZYNSKI; TOZETTO, 2012, p.3).

Claudia Davis (2014), professora da PUC-SP e superintendente da Fundação Carlos Chagas, em informação verbal, afirma que os professores recém-formados chegam às escolas com muitas lacunas¹⁰⁹ deixadas pela FI e, portanto, a própria escola, permanentemente, tenta corrigir, ou preencher, as lacunas deixadas por essa formação. Isso é relevante pra lembrarmos de que a FC não se limita a cursos de curta duração como o ofertado para essa pesquisa, mas envolve diversas atividades realizadas pelo professor após a FI, desde leituras e trabalhos coletivos na própria escola à pós-graduação *lato sensu* e *strictu sensu*. Não obstante, a FC em biologia evolutiva e, principalmente, em biologia evolutiva humana, visa essencialmente corrigir as lacunas da FI. Entretanto, não deve, obviamente, se limitar a isso, afinal uma FC deve engendrar o aperfeiçoamento profissional e intelectual do professor, além de muni-lo de materiais e de recursos didático-pedagógicos.

Naturalmente, quando falamos em “lacunas” deixadas pela FI, parte dessas deficiências talvez seja inevitável, afinal não é nem possível ensinar tudo e nem possível aprender tudo o que se ensina. Dessa maneira é improvável que os cursos de FC consigam suprir todas as necessidades dos professores. Com efeito, é necessário que tentemos dirimir tais lacunas ao máximo, através de, por exemplo, indicações de livros, capítulos, vídeos, sites, blogs etc., além de um canal aberto, permanente, na universidade, para que os professores se sintam livres para

¹⁰⁹ O enfoque de Claudia Davis é principalmente nas lacunas didáticas, ou seja, no *como* ensinar os conteúdos.

dialogar, contar suas dificuldades e apresentar suas propostas. Se as bases forem bem ensinadas e bem aprendidas o avanço no conhecimento (e nas habilidades para ensinar tal conhecimento), por parte do professor, será mais fácil e mais seguro de trilhar de forma autônoma.

Dessa maneira, finalizamos essa breve discussão relacionada à FC em acordo com a conclusão de Lorenzetti e Delizoicov (2001) de que a FI e FC devem fornecer, ao professor, condições materiais, profissionais, pedagógicas e intelectuais para uma prática docente de maior qualidade. Afinal, **professores não nascem prontos**. As pessoas podem desejar e sonhar se tornarem, um dia, professores e professoras, no entanto trata-se de um caminho árduo e permanente de aquisição e desenvolvimento de competências e habilidades, ou seja, **não se é** (no sentido de nascer assim) professor, **torna-se** professor.

Compreendendo a existência de lacunas na formação dos professores tanto para trabalhar com evolução biológica humana (e geral) quanto para abordar controvérsias científicas nessa área, propomos nessa dissertação investigar o desenvolvimento de um curso de FC para professores de ciências e de biologia voltado para a discussão sobre evolução biológica, com muito maior destaque à evolução humana e suas controvérsias científicas.

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Nesse capítulo apresentaremos os aspectos metodológicos utilizados para a constituição dos dados da pesquisa empírica com os professores, bem como para sua análise.

4.1. A PESQUISA, OS SUJEITOS DA PESQUISA E OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Em decorrência da relevância do ensino da história da ciência para uma compreensão contextualizada e mais adequada da natureza da ciência, analisamos no **capítulo 2**, segundo a classificação desenvolvida pelo filósofo Marcelo Dascal (1994; 2005; 2006), uma interação polêmica (controvérsia científica) recente relativa à evolução biológica humana, a polêmica “White-Sarmiento”, referente ao suposto fóssil homínido *Ardipithecus ramidus*. Analisamos também, no capítulo 5, a contribuição de uma sequência didática, elaborada para ensinar evolução biológica humana e que enfatizou suas controvérsias científicas, em um curso de formação continuada de professores de ciências e de biologia da rede pública estadual de Cascavel-PR. As respostas aos questionários aplicados no início e no término do curso foram analisadas segundo a técnica de análise de conteúdo de Bardin (1977). Também utilizamos alguns dados obtidos através da filmagem do curso e, especificamente, das discussões sobre a interação polêmica (controvérsia científica) analisada. Sendo assim, elaboramos e aplicamos uma sequência didática referente aos temas “evolução biológica humana” e à “controvérsia científica White-Sarmiento” para professores em curso de formação continuada. Na pesquisa empírica com os professores (nos questionários e ao longo do curso) utilizamos o termo “controvérsia científica” (amplamente utilizado na comunidade científica) e não “interação polêmica” (elaborado por Marcelo Dascal).

Essa pesquisa ocorreu através do desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática (APÊNDICE A) sobre evolução biológica, mas tendo como tema principal e norteador a evolução biológica humana, oferecendo grande ênfase à controvérsia científica White-Sarmiento, em um curso de curta duração de formação continuada. Inicialmente o curso fora proposto em parceria com o Núcleo Regional de Educação (NRE) da cidade de Cascavel para acontecer em março/abril de 2015,

no entanto devido à greve tanto da educação básica, quanto das universidades, nesse período (e também posteriormente) o curso nesse formato se tornou inviável, pois o NRE já possuía outros cursos de formação para os professores da rede e não havia horário disponível para a oferta de mais um curso, sendo assim, propomos o curso diretamente pela universidade (Unioeste), através da Pró-Reitoria de Extensão (Proex), sem a parceria com o NRE, e abrimos vagas para todos os professores da rede pública que tivessem interesse em participar. Devido a esses eventos (greve, impossibilidade do curso através do NRE e transferência do curso para a Proex) tivemos que alterar e adiar a data do curso para alguns meses depois (fim de agosto de 2015). Tivemos 20 inscritos¹¹⁰, no entanto 11 compareceram e permaneceram até o término do curso, ou seja, 11 responderam aos questionários inicial e final, concluindo o curso com 100% de frequência. Outro professor (o 12º) frequentou 75% (não participou da tarde no 2º dia de curso), respondeu ao questionário inicial, mas não ao final, portanto as análises do questionário inicial serão realizadas a partir dos dados obtidos de 12 participantes e as análises do questionário final a partir de 11 participantes. Todos os 12 professores participantes dessa pesquisa possuem licenciatura plena em Ciências Biológicas.

O curso de formação continuada foi apresentado aos professores participantes (os “sujeitos da pesquisa”) como sendo parte da pesquisa dessa dissertação. O curso foi realizado nos dois últimos sábados do mês de agosto (dias 22 e 29) de 2015. O curso fora realizado nesses dois sábados seguidos, pois em outras datas os professores tinham compromissos de reposição de aulas (devido à greve), tinham cursos de formação nas escolas (Formação em Ação) previstos no calendário letivo além da Semana Pedagógica. Além disso, dois sábados (26/09 e 03/10) já estavam reservados para ofertarmos o mesmo curso para os graduandos de Ciências Biológicas. Portanto, não poderíamos adiar ainda mais o curso. O curso ocupou 8h em cada sábado (8:00-12:00h e 13:30-17:30h), contabilizando um total de 16h presenciais, além de 16h de estudos individuais (não-presenciais) através de material enviado por e-mail, totalizando 32h de curso. Não foi exigida a leitura (e

¹¹⁰ Oferecemos o curso também para os graduandos algumas semanas depois e, por isso, e por conta de prazos de aprovação pelo Conselho de Ética, inserimos no mesmo TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – ANEXO I) tanto a chamada para os graduandos como para os professores (já formados). O TCLE é um documento que informa e esclarece o sujeito da pesquisa de maneira que ele possa tomar sua decisão de forma justa e sem constrangimentos sobre a sua participação em um projeto de pesquisa. É uma proteção legal e moral do pesquisador e do pesquisado, visto ambos estarem assumindo responsabilidades.

pouco fez parte das discussões) dos materiais para estudos individuais (não presenciais) devido ao curto espaço de tempo entre os dois sábados e devido à sobrecarga de trabalho dos professores em tal momento. Inicialmente pensamos em ofertar o curso com pelo menos um espaço de 15 dias entre um dia e outro de curso (e também em outros formatos), para que os participantes tivessem tempo de fazer a leitura dos materiais, entretanto, como já explicado acima, não foi possível. Os materiais enviados por e-mail, portanto, são materiais para estudo e pesquisa individual do professor de maneira contínua. Foram aplicados dois questionários, um no início do curso outro no fim, além de filmagens, como instrumentos de coleta de dados.

A sequência didática (APÊNDICE A) foi elaborada tendo como linha orientadora a evolução biológica humana e suas controvérsias científicas, entretanto, propomos, antes de adentrar ao conteúdo da evolução humana, apresentar alguns conceitos de evolução geral contemplando, muito brevemente, algumas discussões recentes no campo como a evo-devo e a epigenética evolutiva. O curso ofertado, e os questionários aplicados, não abordou apenas o conteúdo sobre evolução biológica humana, mas também evolução geral e ciência. Entretanto, para essa pesquisa, nos interessa, essencialmente, os dados relacionados à evolução biológica humana. Se necessário nas discussões utilizaremos alguns outros dados. Mas por que não abordamos apenas evolução biológica humana no curso? Pelo fato de que os professores também têm lacunas e deficiências em relação a conceitos básico-fundamentais da evolução biológica em geral e, como se tratou de um curso de formação continuada, entendemos ser pertinente abordar alguns conceitos gerais importantes antes de apresentar a evolução biológica humana. Entretanto, os dados mais importantes para essa dissertação estão relacionados à evolução biológica humana.

Para a obtenção dos dados foram aplicados questionários inicial (antes do início do curso) e final (após o término do curso), bem como filmagem com intuito de obter informações em áudio das discussões para, se necessário, complementar a análise dos dados. Os (as) ministrantes do curso foram denominados Ministrante 1 (M1) e Ministrante 2 (M2). Os participantes do curso chamados de *sujeitos da pesquisa* (os professores) foram identificados pela letra P (professor/professora) seguida de numeração (1, 2, 3 e assim por diante, por exemplo, P1, P2, P3 ...), preservando sua identidade. O tema específico, a controvérsia científica White-

Sarmiento, relacionado à evolução biológica humana, discutido com os professores durante o curso de formação, foi organizado sob o nome de “Excertos” (identificados por Excerto 1, Excerto 2, Excerto 3 e Excerto 4). O curso objetivou avaliar o papel do desenvolvimento de uma sequência didática sobre evolução biológica humana e evidenciar o papel das controvérsias científicas, para uma percepção da ciência como processo dinâmico, coletivo e em constante reestruturação.

No primeiro dia (22/08/2015), o curso se baseou na abordagem da evolução biológica de maneira geral, tratando do *padrão* (modificação populacional intergeracional e ancestralidade comum) e *processos* evolutivos. O curso iniciou-se com um questionário inicial (APÊNDICE B) para a coleta inicial de dados, logo após foi apresentada a proposta do curso e sua justificativa. A seguir ocorreu a exposição em power point de algumas afirmações realizadas pela teoria evolutiva a respeito do *padrão* evolutivo, e algumas linhas de evidência que apoiam esse padrão. Utilizamos o exemplo recente da evolução (macroevolução) das baleias demonstrando que linhas diferentes de pesquisa tais como embriologia (biologia do desenvolvimento), paleontologia, anatomia comparada e comparação de DNA, apesar de andarem por caminhos diferentes, nos contam a mesma história: ancestralidade comum.

Foram apresentadas também algumas definições de “evolução biológica” como, por exemplo, “descendência com modificação, a partir de ancestrais comuns, gerando diversificação, através de processos naturais”. Após essa apresentação houve algum debate, por exemplo, a respeito de como trabalhar esse conteúdo no ensino médio (e que não requer, necessariamente, o conhecimento aprofundado da genética para entender a ancestralidade comum). Em seguida fora aplicada a atividade *Desafio para os Professores* (APÊNDICE D), a qual trata do diálogo entre três professores numa escola pública da educação básica sobre os problemas cotidianos em ensinar evolução biológica. Essa atividade também abordou, por exemplo, o que são fósseis de transição ou “elos perdidos” através de uma réplica do fóssil de *Archaeopteryx*.

No período da tarde foram apresentados trechos do filme *O Desafio de Darwin* destacando as discussões sobre o *processo* evolutivo chamado de seleção natural, além de apresentar alguns pesquisadores da época, tais como, Alfred Wallace, Charles Lyell, Robert Grant, Jean Lamarck e Erasmus Darwin. Algumas definições e alguns exemplos de seleção natural e adaptação - suicídio do macho na aranha viúva-negra *Latrodectus hasselti* que aumenta o seu sucesso reprodutivo -

foram apresentados. As discussões sobre o papel da observação indireta e o conceito de “teoria” na ciência foram retomadas. Também algumas questões sobre metodologia científica foram abordadas. Discussões a respeito de Mendel e Darwin também ocorreram, apresentando a importância da herança particulada (conservativa) mendeliana para a manutenção das variações sobre as quais atua a seleção natural. Foram aplicadas algumas atividades.

No segundo dia (29/08/2015), o curso focou-se na evolução biológica humana, no entanto, antes dessa abordagem, realizou-se uma retomada de algumas questões do dia anterior tais como, a ancestralidade comum e a evo-devo, por exemplo. Após, finalizada essa recapitulação, iniciou-se a abordagem referente à evolução humana. Para início de discussão foi aplicada a atividade chamada *Afinal, viemos ou não viemos dos macacos?* (elaborada a partir de AYALA, 2010; PICQ, 2012; VÉRAS, 2013), pois o assunto a ser abordado em tal questão é frequentemente encontrado tanto na escola quanto fora dela e pode gerar bastante discussão e polêmica, portanto torna-se indispensável para o professor compreender o assunto e conseguir melhor esclarecer a questão. Em seguida foram apresentados, em *power point*, vários fósseis de hominídeos, algumas pesquisas, a árvore filogenética hominídea enfocando o fóssil de *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”) e a controvérsia científica White-Sarmiento. Após essa apresentação, assistiu-se a um trecho do documentário *Descobrimo Ardi* (2012) e em seguida foi entregue aos participantes um resumo dos artigos científicos referentes à controvérsia científica White-Sarmiento para ser lido, analisado e discutido.

Quanto ao trabalho do filósofo Marcelo Dascal relativo aos tipos de interações polêmicas (controvérsias científicas) e sua classificação própria para tais polêmicas fornecemos muito brevemente algumas explicações a respeito de como suas concepções provavelmente seriam utilizadas nessa dissertação (até porque não estávamos certos se definitivamente usaríamos as concepções desse filósofo), dessa forma não reservamos, no curso de formação, tempo para apresentar em detalhes e discutir com os professores tal classificação (*disputa*, *controvérsia* e *discussão*), pois objetivamos discutir a relevância das controvérsias científicas, em seu âmbito geral, para a construção do conhecimento científico na evolução biológica humana sem nos adentrarmos em questões por demais específicas, pois discutir essas especificidades poderiam não contribuir de maneira efetiva para a prática do professor em sala de aula, além do dispêndio de bastante tempo do curso

para explicá-las e discuti-las. Sendo assim, nos concentramos na polêmica específica entre White e Sarmiento analisando a obtenção dos dados fósseis, sua análise, interpretação, argumentação, as causas da polêmica, a opinião de outros pesquisadores da comunidade científica e como se poderia resolver tal polêmica. Reiteramos que as concepções de Dasgal foram citadas e apresentadas, no entanto muito brevemente, sem o intuito de discuti-las. Dessa forma, a classificação desenvolvida por Dasgal para as controvérsias científicas (ou interações polêmicas) foi utilizada apenas para a análise da interação polêmica White-Sarmiento.

A *Atividade 6*, intitulada *Montando uma Filogenia de Hominídeos no Chão da Sala de Aula* (por nós elaborada), não foi aplicada por falta de tempo, no entanto o material foi apresentado e a atividade foi explicada (e enviada por e-mail com as explicações) aos professores. Obviamente é insatisfatório apenas apresentar e explicar uma atividade prática e não realizá-la ou aplicá-la. O curso finalizou-se através da aplicação do questionário final (APÊNDICE C) para a coleta final de dados da pesquisa.

O questionário inicial versou sobre o ensino de evolução biológica geral e, principalmente evolução biológica humana, além das controvérsias científicas. Versou também sobre a formação acadêmica (inicial) de cada professor participante. O questionário final abordou os conteúdos trabalhados ao longo do curso e sobre a percepção do curso de formação realizado. As respostas dos professores foram analisadas segundo o método de análise de conteúdo de mensagem (ou análise temática) de Bardin (1977) devido ao fato de ser uma das mais citadas em trabalhos que utilizaram a análise de conteúdo. A técnica proposta por Laurence Bardin será discutida em maiores detalhes no item a seguir (4.2).

Para Marconi e Lakatos (2003, p. 200), o questionário “é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito”. Para essas pesquisadoras o questionário tem vantagens de obterem respostas mais rápidas e precisas, obtêm grande número de dados, atinge maior número de pessoas simultaneamente, há mais segurança, pois, as respostas não são identificadas, há maior liberdade nas respostas, em razão do anonimato, há menos risco de distorção, pela não influência do pesquisador e há mais uniformidade na avaliação, em virtude da natureza impessoal do instrumento.

4.2. A ANÁLISE DE CONTEÚDO

Para Laurence Bardin (1977), professora de Psicologia da Universidade de Paris, a análise de conteúdos de mensagem persegue dois objetivos: a) a *ultrapassagem da incerteza*, isto é, aquilo que julgamos ver na mensagem estará de fato lá contido? e b) o *enriquecimento* da leitura, isto é, leitura atenta para aumentar a produtividade e a pertinência – aumentar a compreensão –, ir além das aparências, o que uma leitura superficial é incapaz de fazer. Sendo assim, a análise de conteúdo de mensagem possui duas funções: a) *função heurística* – é a análise de conteúdo em si, uma tentativa exploratória, aumenta a propensão à descoberta. É a análise “para ver o que dá”; e b) função de *administração da prova* – hipóteses que servem de diretrizes, serão confirmadas ou infirmadas através do método de análise sistemática. É a análise “para servir de prova” (BARDIN, 1977, p.29-30).

O que é a Análise de Conteúdo? A análise de conteúdo é um “conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens” (BARDIN, 1977, p.38). Segundo Henry e Moscovici¹¹¹ (1968 apud BARDIN, 1977, p.31), “tudo o que é dito ou escrito é susceptível de ser submetido a uma análise de conteúdo”. O intuito dessa análise é, nas palavras de Appolinário (2002, p.171), “alcançar uma compreensão geral e superior de todo o fenômeno pesquisado”. As fases da análise de conteúdo foram:

- I. Exploração inicial do material ou leitura flutuante do *corpus* dos dados obtidos: é o primeiro contato com o material a ser analisado, conhece-se o contexto e surgem impressões, intuições e orientações. São realizadas várias leituras objetivando apreender e assimilar as ideias gerais principais e seus significados, além de uma imersão do pesquisador no material em análise, para que a partir daí possa-se realizar uma sistematização posterior dos dados.
- II. A seleção das unidades de análise (ou unidades de significados ou unidades de registro): Nesses estudos (qualitativos), o investigador é orientado pelas questões da pesquisa que necessitam ser respondidas. Frequentemente as unidades de análises incluem

¹¹¹ HENRY, P.; MOSCOVICI, S. **Problèmes de l'analyse de contenu**. 1968, nº II.

palavras, sentenças, frases, parágrafos, textos e até livros. Há várias opções de recortes a serem feitos. Nessa pesquisa faremos uma análise temática (de temas) e utilizaremos palavras, frases e parágrafos, conforme a necessidade e conforme os dados disponíveis selecionados (o *corpus* da pesquisa). A opção por essa ou aquela unidade temática é uma interação entre os objetivos do estudo, as teorias explicativas adotadas pelo pesquisador e suas próprias teorias pessoais intuitivas. Neste constante ir e vir entre os objetivos do trabalho, teorias e intuições do pesquisador emergem as unidades de análise que futuramente são categorizadas (CAMPOS, 2004).

- III. Codificação e categorização: codificar é o processo através do qual os dados brutos são sistematicamente transformados em categorias e que permitam posteriormente a discussão precisa das características relevantes do conteúdo. A codificação é a “marcação” das unidades de análise, com sinais ou símbolos que permitam seu agrupamento posterior (em categorias). Esse processo é, geralmente, muito individual, cabendo ao pesquisador se valer da forma que mais lhe agrada (CAMPOS, 2004). A categorização é “uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero” (BARDIN, 1977, p.112). Fórmulas mágicas que possam orientar o pesquisador na categorização não existem. Em geral, o pesquisador segue seu caminho baseado em conhecimentos teóricos, competência, sensibilidade, intuição e experiência (CAMPOS, 2004).

Após realizadas as duas primeiras fases (acima apresentadas) chegamos às categorias de análises. As categorias foram criadas a partir da análise de unidades de significados identificadas no *corpus* da pesquisa. O conteúdo selecionado para a análise é o *corpus* da pesquisa (os artigos sobre *Ardipithecus ramidus* e respostas dos professores). Foram criados dois eixos de análises segundo o conteúdo abrangido pelas questões dos questionários (inicial e final). Os eixos são “Percepção sobre Controvérsias Científicas e Ciências” e “Evolução Biológica Humana e Formação”. Para cada eixo foram criadas algumas categorias de acordo com a

análise das unidades de significado a partir das respostas fornecidas pelos professores (sujeitos da pesquisa).

O próximo capítulo é dedicado aos resultados e discussões, nos quais as análises serão exploradas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No item 5.1 apresentaremos a análise da pesquisa empírica com os professores. Sendo assim, o *corpus* dessa pesquisa é constituído pelos artigos, que tratam da controvérsia científica White-Sarmiento (discutidos e analisados no cap. 2), pelas respostas escritas (e selecionadas) fornecidas pelos professores aos questionários inicial e final e pelas discussões faladas e filmadas durante o curso de formação.

5.1. A ANÁLISE DA PESQUISA EMPÍRICA COM OS PROFESSORES

Nesse subcapítulo (ou subseção) apresentaremos a pesquisa empírica (questionários e discussões) realizada com os professores da rede estadual da educação básica do Paraná, em um curso de formação continuada. Os dados empíricos obtidos através de questionários (respostas às questões dos questionários inicial e final) serão apresentados e analisados separadamente para contrastar as concepções dos professores no decorrer do curso e poder visualizar as possíveis mudanças de concepções a respeito das controvérsias científicas na construção da ciência e concepções referentes à evolução biológica humana.

As análises de algumas discussões realizadas durante o curso de formação também fazem parte dos dados empíricos e também serão apresentadas, entretanto concedemos maior destaque aos questionários pelo fato desses apresentarem situações tão ou mais relevantes do que as discussões no curso, pois evidenciam e deixam claras muitas das dificuldades dos professores para trabalhar o tema, seu dia a dia nas escolas e suas concepções sobre o papel das controvérsias científicas (interações polêmicas) para a ciência. Além disso, vários professores não participaram (ou participaram pouco) das discussões, no entanto, nas respostas escritas, conseguiram se expressar mais e melhor e disseram muito mais nos questionários do que durante a maior parte das discussões. Através dos questionários os professores tiveram mais segurança para responder, pois, as respostas não são identificadas, há maior liberdade, em razão do anonimato, há menos risco de distorção, pela não influência (ou influência pequena) do pesquisador (MARKONI; LAKATOS, 2003).

Lembramos novamente que todos os 12 professores que participaram dessa

pesquisa possuem licenciatura plena em Ciências Biológicas. Não comentaremos, no corpo do texto, todas as respostas apresentadas nos Quadros, apenas aquelas que considerarmos mais representativas e relevantes para a discussão dos dados.

5.1.1. Análise das Respostas dos Professores ao Questionário Inicial

Nesse item apresentaremos as respostas dos professores ao questionário inicial, bem como sua análise e discussão. Nem todas as questões do questionário inicial foram utilizadas para essa dissertação, somente aquelas diretamente relacionadas ao tema da pesquisa. Lembramos ainda que tivemos 20 inscritos no curso de formação, no entanto apenas 11 compareceram (obtendo 100% de frequência) e permaneceram até o término. Outro inscrito (o 12º) frequentou 75%, não participou da tarde no 2º dia de curso e, portanto, não respondeu ao questionário final. Dessa maneira, analisamos os dados de 12 questionários iniciais e de 11 questionários finais.

5.1.1.1. Percepção sobre Controvérsias Científicas e Ciência

As respostas dos professores foram analisadas e, a partir dessas análises, categorias foram elaboradas baseadas nas unidades de significado. Para cada questão foram elaboradas categorias próprias. Para verificar as percepções dos professores sobre Controvérsias Científicas e Ciência foi feita uma única pergunta. A questão respectiva (Questão Inicial 13 – QI13) apresentava um breve diálogo entre dois biólogos evolucionistas que discordavam a respeito das interpretações de um mesmo fóssil supostamente homínideo. Essa pergunta tinha o objetivo de verificar a compreensão inicial do professor, antes do desenvolvimento do curso, referente ao papel das controvérsias científicas para a construção do conhecimento científico.

Quadro 5: Categorização das respostas dos professores à QI13.

QI13 - Dois biólogos (ou cientistas) evolucionistas, especialistas em fósseis de homínideos e de outros primatas, debatem a respeito das interpretações de um **MESMO** fóssil:

Biólogo1 – “Esse fóssil tem 4,4 milhões de anos de idade e era um homínideo bípede (com andar ereto)”.

Biólogo2 – “Esse fóssil tem pelo menos 7 milhões de anos de idade, não era um homínideo e não era bípede (não andava ereto)”.

O debate supracitado é um exemplo de controvérsia científica (ou discordância científica). Qual o

papel das controvérsias ou discordâncias científicas (entre os cientistas) para a ciência?		
CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
Controvérsia científica como instrumento para o avanço e desenvolvimento da ciência.	P3	O papel das controvérsias é de suma importância, visto que isso promove o desenvolvimento da ciência, pois todas as “verdades” devem ser questionadas. O que parecia ser assunto claro e concluído, pode apresentar novas facetas frente a um debate ou questionamento.
	P5	As controvérsias científicas são fundamentais para o desenvolvimento e o progresso da ciência, pois este debate de discordância auxilia a intermediar o conhecimento produzido a fim de encontrar a melhor teoria/hipótese ou lei que melhor explique o fenômeno estudado.
	P10	Através das controvérsias científicas os cientistas podem aprofundar o debate e aproximar-se de uma resposta mais assertiva, já que o debate leva as duas partes a fortalecerem seus argumentos a partir de novas evidências.
	P11	Os debates ou discussões ajudam a todos observarem ou até mesmo reavaliarem certos pontos ou detalhes que lhe passaram despercebidos, desta forma colabora para os avanços e melhor compreensão dos mais diversos assuntos.
	P12	Importante, é pelas dúvidas e questionamentos que a ciência avança. (a vaidade humana também conta).
Controvérsia científica como instrumento para reflexão e revisão	P2	Para aqueles que entendem a Ciência como infalível, as controvérsias não teriam importância considerável, já para aqueles que veem as leis naturais, por exemplo, como passíveis de interpretação, as controvérsias são como “pausas” para, o que eu simploriamente poderia chamar de reflexão. No exemplo, é o ponto em que estes biólogos poderiam rever seus métodos de datação, seus conceitos de homínidos, seres bípedes, etc.
Controvérsia científica como instrumento para novos fatos, teorias e descobertas	P1	Os debates fazem com que as pessoas possam construir e abranger seus conhecimentos, estar aberta para fatos novos é o que faz a ciência ser dinâmica.
	P4	Acredito que a Ciência é feita de teorias, ou seja, estudos mais próximos do que diz respeito a algum acontecimento biológico. Essa discussão entre cientistas estimula o pensamento humano, fazendo da ciência não uma teoria concreta e imutável, mas sim um contínuo pensar na forma com que se deu a evolução.
	P6	É fundamental para o desenvolvimento e elaborações de leis e teorias. As controvérsias científicas possibilitam maiores discussões e análises de observações, análises e experimentos científicos.
	P7	As controvérsias são necessárias para que haja um estudo com uma abordagem diferente, possibilitando novas descobertas ou reafirmando descobertas anteriores.
	P8	As controvérsias são de fundamental importância, uma vez que instiga à continuação das pesquisas, visto que um problema foi levantado e deve ser resolvido, propiciando, dessa forma, o surgimento de uma nova teoria.
	P9	Através das discordâncias cada indivíduo busca maiores informações, faz novos experimentos buscando a materialidade de sua “ideia”. Dessa forma, coleta-se cada vez mais dados podendo ser, ao final, além do ponto

		principal da discussão, abertos novos questionamentos sobre outros assuntos, novas descobertas.
		Total de sujeitos: 12
		Total de sujeitos que não responderam: 0
		Total de respostas não categorizadas: 0

A partir da análise das unidades de significado decidimos elaborar 3 categorias, entretanto lembramos que apesar de serem categorias diferentes elas estão diretamente entrelaçadas e talvez uma ou outra resposta dos professores pudessem ser inseridas em outra categoria.

Os sujeitos P3, P5, P10, P11 e P12 argumentaram que as controvérsias científicas são importantes por promoverem o desenvolvimento e o avanço da ciência. Para P3, o desenvolvimento da ciência acontece à medida em que questões “claras e concluídas”, as “verdades” são questionadas. Diz-nos P3 que “o papel das controvérsias [científicas] é de suma importância, visto que isso **promove o desenvolvimento da ciência**”, e justifica dizendo que “todas as ‘**verdades**’ **devem ser questionadas**. O que parecia ser assunto claro e concluído, pode apresentar novas facetas frente a um debate ou questionamento” (P3). Para P5, o conceito de “desenvolvimento” (ou “progresso”) científico parece ser “explicar mais e melhor” por “melhor compreender os fenômenos naturais”, mas nunca (ou quase nunca) de forma linear. Assim, diz P5 que “as controvérsias científicas são fundamentais para o **desenvolvimento** e o **progresso** da ciência [...] a fim de encontrar a melhor teoria/hipótese ou lei que melhor explique o fenômeno estudado”. P11 argumenta que o avanço na ciência e a melhor compreensão dos assuntos por ela abrangidos, são auxiliados pela reavaliação de pontos não muito bem avaliados até então. P11 nos diz que “os debates ou discussões ajudam a todos observarem ou até mesmo **reavaliarem** certos pontos ou detalhes que lhe passaram despercebidos”. Essa reavaliação colaboraria “para os **avanços** e **melhor compreensão** dos mais diversos assuntos” (P11).

P12 destaca a importância das dúvidas e dos questionamentos para o avanço da ciência. P12 está em acordo com o argumento do biólogo Mark Ridley (2006, p. 487, grifo nosso) que destaca a importância dos desacordos para a reanálise ou reavaliação de assuntos ao afirmar que as controvérsias entre evidências moleculares e evidências fósseis “ajudou a inspirar uma **reanálise** das evidências fósseis sobre as origens humanas”. O professor P12 também cita a vaidade como um dos aspectos relacionados às controvérsias científicas. Esse aspecto também é

ressaltado por pesquisadores, tais como Barber (1961) e Mayr (2008). Outros aspectos, tais como os sociais, políticos e econômicos não apareceram nos discursos dos professores.

As respostas desses professores, em seu teor geral, vão ao encontro das ideias de Meyer e El-Hani (2005, p.122) ao afirmarem que “sem discordâncias, não haveria possibilidade de avanços no conhecimento”. Para Dascal, a crítica e a controvérsia são o motor do progresso do saber científico (DASCAL, 2005). Contudo, é importante destacar que a questão do progresso na ciência também é motivo de divergências entre filósofos e epistemólogos. Um exemplo é o físico e historiador da ciência Thomas Kuhn, o qual percebe que os conhecimentos científicos desenvolvem-se, por meio da resolução de quebra-cabeças, em consistência dentro de um determinado paradigma ou linha teórica e está vinculado a características de um determinado contexto histórico e comunidade científica, mas que não tem uma linearidade entre diferentes paradigmas e nem uma aproximação com uma dada “verdade”. Kuhn defendia que

As teorias científicas mais recentes são melhores que as mais antigas, no que toca à resolução de quebra-cabeças nos contextos diferentes aos quais são aplicadas. Essa não é uma posição relativista e revela em que sentido sou um crente convicto do progresso científico (KUHN, 1998, p. 252-253).

O progresso científico para Thomas Kuhn não se configura em um conhecimento em direção a alguma verdade ou realidade.

O professor P2 também destaca a importância das controvérsias científicas ao estimularem a revisão e reflexão de, por exemplo, metodologias e conceitos: “as controvérsias são como ‘pausas’ para [...] **reflexão**. É o ponto em que estes biólogos poderiam **rever** seus métodos de datação, seus conceitos de hominídeos, seres bípedes, etc” (P2). No entanto, esse professor não argumenta que tais reflexões e revisões contribuem para o avanço ou desenvolvimento da ciência, portanto inserimos P2 em uma categoria separada (diferente daquela onde inserimos P3, P5, P10, P11 e P12).

Na terceira categoria inserimos as respostas que, de alguma forma, alegaram que as controvérsias científicas são instrumentos que possibilitam novas descobertas, novos fatos, novas evidências e a elaboração de novas teorias. Marcelo Dascal (1994, p.78) argumenta sobre a importância dos desacordos para a elaboração de teorias ao afirmar que “nas controvérsias é onde se exerce a

atividade crítica, se constitui dialogicamente o **sentido das teorias**, se produzem as mudanças e inovações” (DASCAL, 1994, p. 78). Nesse contexto, P6 defende que as controvérsias científicas são fundamentais “para o desenvolvimento e elaborações de **leis e teorias**”. Para P8 “as controvérsias são de fundamental importância, uma vez que instiga à continuação das pesquisas, visto que um problema foi levantado e deve ser resolvido, propiciando, dessa forma, o **surgimento de uma nova teoria**” (P8). Para P4 os desacordos estimulam o pensamento humano e destaca também que a ciência não é uma teoria imutável, “essa discussão entre cientistas **estimula o pensamento humano**, fazendo da ciência **não uma teoria** concreta e **imutável**, mas sim um **contínuo pensar**” (P4). As controvérsias são necessárias para que haja um estudo com uma abordagem diferente, possibilitando novas descobertas ou reafirmando descobertas anteriores. P7 e P9 destacam a importância das controvérsias científicas para possibilitar novas descobertas, além de P9 citar também a abertura de novos questionamentos (um pensar contínuo): As controvérsias são necessárias [...], **possibilitando novas descobertas**” (P7), “através das discordâncias cada indivíduo busca maiores informações [...]. Dessa forma, coleta-se cada vez mais dados podendo ser [...] **abertos novos questionamentos** sobre outros assuntos, **novas descobertas**” (P9). P7 também defende que além de gerar novas descobertas, as controvérsias científicas podem ser úteis para reafirmar aquelas que já estão em voga, “possibilitando novas descobertas ou **reafirmando descobertas anteriores**”. Para P1 “estar **aberta para fatos novos** é o que faz a ciência ser dinâmica”.

A resposta de P9 nos lembra Marcelo Dascal (1994) quando esse afirma que as verdadeiras controvérsias geram ideias inovadoras e se expandem para outras áreas, não se restringindo ao ponto central que deflagrou a controvérsia nem à sua área específica. Em acordo com a resposta de P9 citamos também as palavras de Mark Ridley (2006) sobre o papel desempenhado pela controvérsia científica “seleção natural x deriva aleatória” (selecionismo x neutralismo). Diz-nos Ridley que essa discussão estimulou “um dos programas de pesquisa mais valiosos na biologia evolutiva” (RIDLEY, 2006, p.123).

Percebemos, dessa maneira, já no questionário inicial, a relevância, concedida pelos professores, às controvérsias científicas para a construção do conhecimento científico. Sendo assim, pensamos ser importante que a presença constante das controvérsias científicas na atividade do cientista seja apresentada aos alunos de

ensino fundamental e médio para que o empreendimento científico seja visto e compreendido de forma mais adequada e contextualizada.

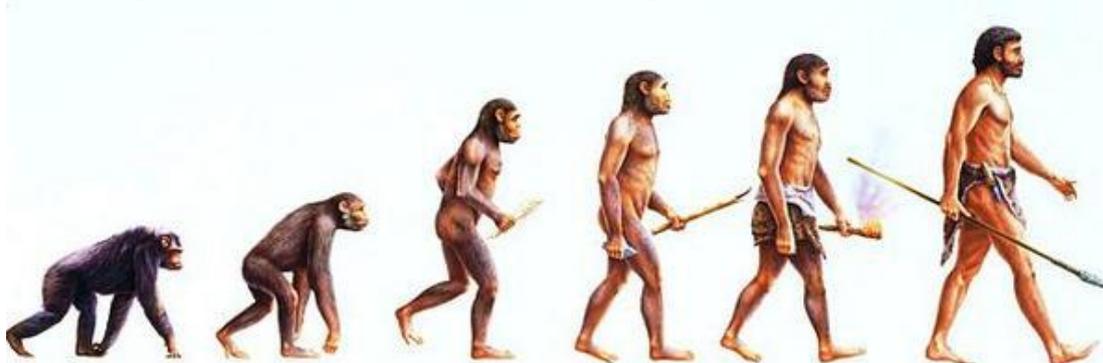
5.1.1.2. Evolução Biológica Humana e Formação

Nesse item, transcreveremos, analisamos e discutimos as respostas fornecidas pelos professores às questões do questionário inicial de coleta de dados aplicado antes do início do curso de formação continuada oferecido.

A Questão Inicial 15 (QI15) abordou uma indagação a respeito de uma imagem equivocada relativa à evolução biológica humana. Versões da imagem apresentada são bastante comuns em textos sobre o tema e também em capas de livros¹¹², e o mais interessante, mesmo daqueles que tratam de evolução biológica.

Quadro 6: Categorização das respostas dos professores à QI15.

QI15 - A figura abaixo representa a evolução biológica humana?



Fonte: <http://veja.abril.com.br/noticia/saude/papel-carne-evolucao-humana> Acessado em 31 out 2014.

Justifique.

CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
	P2	Não. Essa imagem tenta dar a ideia de ancestralidade na Evolução Humana, o que é um conceito importante, mas muito mais dá a ideia de que “o ser humano veio do macaco”, como é comum ouvir, por exemplo, de alunos na rede fundamental de ensino, ela ignora os outros “ramos” da Evolução Humana.
	P3	Não. Comumente e erroneamente divulgada, tal figura não representa a evolução biológica humana, pois dá a entender que o homem surge (evolui) dos primatas, quando na verdade homens e primatas apresentam um

¹¹² O livro *Evolução* de Brian e Deborah Charlesworth (2012), Editora L&PM Pocket, traz na capa uma imagem muito semelhante a da figura da QI15 e oferece a mesma ideia de evolução humana linear e sem ancestrais comuns. Na edição inglesa (a versão original) a capa é neutra, ou seja, não possui nenhuma figura, apenas cores. Na verdade, a prática de distorcer deliberadamente (e até desonestamente) tanto a capa quanto o título de livros em línguas estrangeiras quando traduzidos para a língua portuguesa, é comum e corriqueira no Brasil.

A imagem não representa a evolução humana		ancestral em comum, divergindo posteriormente em seus grupos.
	P5	A imagem é uma tentativa de representar o desenvolvimento dos indivíduos desta família ao longo de milhões de anos, porém, na minha opinião não representa a evolução biológica, pois não apresenta o ancestral comum que origina o surgimento das novas espécies.
	P9	Não. Na representação mostra o homem evoluindo em linha reta a partir do macaco e isso não ocorreu, o homem evoluiu...
	P10	Essa imagem remete à ideia de uma evolução linear e contínua, não mostrando todos os eventos que ocorreram durante todo o processo. Portanto, embora difundida, acredito que essa imagem não pode ser utilizada para retratar a evolução biológica.
A imagem representa a evolução humana	P4	Sim, pois as necessidades humanas para determinadas condições da Terra obrigaram essas espécies a se adaptarem para sua existência.
	P8	Sim, pois ilustra as mudanças ocorridas, ao longo de bilhões de anos, na anatomia humana, decorrente às adaptações que o homem realizou para sobreviver.
Resposta confusa ou deslocada	P1	Andar ereto é uma conquista, caça, pesca, daí as lutas por um lugar, pensar, buscar novas áreas de conquista, a fala e toda a relação homem-natureza.
	P6	Através de alterações genéticas e comportamentais ocorreu o desenvolvimento biológico evolucionista da espécie humana, onde o primata no início do processo apresentava-se quadrúpede com presença de pelos e outras características com o passar do tempo houve o desenvolvimento de áreas cerebrais que incitou na utilização de membros superiores para a caça e com o passar dos anos tornou-se uma espécie bípede.
	P7	A figura representa a evolução do homem a partir de um animal, associando as diferentes posturas, hábitos e a forma de andar, diferenciadas ao longo dos anos.
	P12	Ancestral comum – grupos tomavam caminhos diferentes – habitat, alimentação, mudanças climáticas e deram origem aos grupos de primatas e humanos como os conhecemos hoje.
Não sabe	P11	Eis a questão. Realmente não sei. Não sei responder.
		Total de sujeitos: 12
		Total de sujeitos que não responderam: 0
		Total de respostas não categorizadas: 0

A ilustração acima (utilizada na Q15), sinônima de evolução para muitos, propaga a ideia equivocada de que a evolução prossegue como uma marcha linear (em linha reta) de progresso. Contudo, o processo evolutivo é melhor compreendido como um processo de ramificação semelhante a uma árvore ou a um arbusto. A ilustração também indica, erroneamente, que os seres humanos evoluíram dos chimpanzés modernos (sendo assim os chimpanzés representariam as características primitivas). Humanos não evoluíram de chimpanzés. Humanos e chimpanzés (grandes e bonobos) compartilham a mesma população ancestral, isto

é, humanos e chimpanzés tiveram uma população ancestral em comum há 6 ou 7 milhões de anos.

Durante décadas (e ainda hoje, mas essa ideia tem se enfraquecido) os pesquisadores da área acreditaram que o ancestral comum entre chimpanzés e humanos fora semelhante a um chimpanzé (um chimpanzé pré-histórico) e, conseqüentemente, utilizaram o chimpanzé como uma forma de “máquina do tempo” ou “modelo ancestral” para representar a população ancestral comum. Entretanto, principalmente a partir das pesquisas do paleoantropólogo Tim White e equipe, relacionadas ao fóssil *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”), desde a década de 1990, as evidências, segundo esses pesquisadores, têm mostrado que o ancestral comum não era semelhante ao chimpanzé¹¹³. Argumentam esses pesquisadores:

Fósseis de *Australopithecus* foram interpretados regularmente durante o final do século 20, em uma estrutura que utilizou símios africanos modernos, especialmente chimpanzés, como modelos para os ancestrais imediatos do clado humano. Essa projeção está agora em grande parte anulada pela descoberta de *Ardipithecus*. No contexto do acúmulo de evidências da genética, biologia do desenvolvimento, anatomia, ecologia, biogeografia, e geologia, *Ardipithecus* altera as perspectivas sobre como os nossos ancestrais hominídeos mais primitivos – e nossos parentes vivos mais próximos – evoluíram (WHITE et al., 2015, p. 4877, tradução nossa).

Isto é, os chimpanzés modernos não devem ser utilizados como “máquinas do tempo” para representar a população ancestral comum de humanos e os próprios chimpanzés, isto é, tal população ancestral comum não era composta de “chimpanzés pré-históricos”. Para utilizar as palavras dos próprios pesquisadores, o ancestral comum não era “nem chimpanzé, nem humano” (WHITE et al., 2015, p. 4877, tradução nossa).

Passemos agora às análises e discussões referentes às respostas fornecidas pelos professores à Q115. Após analisar tais respostas decidimos agrupá-las em 4 categorias. A categoria “A imagem não representa a evolução humana” agrupou as respostas que argumentaram que a figura apresentada não representa a evolução biológica humana, ou seja, trata-se de uma imagem equivocada. Na categoria “A imagem representa a evolução humana” agrupamos as respostas que argumentaram que tal figura representa sim a evolução humana, mesmo que a

¹¹³ Mesmo que o ancestral comum (de humanos e chimpanzés) fosse igual (ou muito semelhante) a um chimpanzé, isso não implicaria que os humanos tivessem se originado a partir de chimpanzés modernos (vivos ou atuais). Mesmo nesse caso seria um erro de compreensão do processo evolutivo, afinal tal processo ocorre de maneira arbórea e arbustiva e não de forma linear (em linha reta) onde um indivíduo se transforma em outro e, portanto, aquele indivíduo desaparece.

explicação-justificativa não esteja adequada. A categoria “Resposta confusa ou deslocada” agrupou aquelas respostas obscuras ou de pouca clareza. Também agrupamos nessa mesma categoria as respostas que parecem não se “encaixar” na pergunta, isto é, que estão fora de contexto, não respondem à pergunta. A última categoria, “Não sabe”, agrupou apenas uma resposta, aquela na qual o professor P11 explicita que de fato não saber a resposta para a pergunta: “Realmente não sei. Não sei responder” (P11).

Os professores P2, P3, P5, P9 e P10 afirmaram, adequadamente, que a imagem apresentada na Q15 não representa a evolução biológica humana. Entretanto, as respostas que justificam tal afirmação divergem entre si, sendo algumas adequadas outras nem tanto ou um pouco confusas. P9 e P10 justificam, adequadamente, argumentando que a figura indica uma suposta evolução humana linear. P9 diz “na representação [figura] mostra o homem evoluindo em **linha reta** a partir do macaco e isso não ocorreu” (P9), no entanto faltou complementar a resposta para melhorar a argumentação. P10 afirmou, adequadamente, que “essa imagem remete à ideia de uma evolução **linear** [...], não mostrando todos os eventos que ocorreram [...]. Portanto, embora difundida, acredito que essa imagem não pode ser utilizada para retratar a evolução biológica” (P10). P2, P3 e P5 apresentaram uma justificativa um pouco confusa do porque a imagem não representa a evolução humana. P2 argumenta que a imagem “tenta dar a ideia de ancestralidade na Evolução Humana, o que é um conceito importante, mas muito mais dá a ideia de que ‘**o ser humano veio do macaco**’ [...], ela ignora os outros ‘**ramos**’ da Evolução Humana” (P2).

A imagem fornece a ideia de ancestralidade, mas não de ancestralidade comum, pois se a evolução é em linha reta, existe apenas uma população em transformação, e conseqüentemente, não há ancestrais compartilhados (pois para que isso acontecesse seriam necessárias, no mínimo, duas populações). O destaque de P2 quanto ao ignorar os “ramos” da evolução humana é fundamental, afinal a evolução ocorre de forma ramificada, em forma de ramos. Referente à afirmação “o ser humano veio do macaco”, podemos tranquilamente afirmar como válida e correta tal afirmação, desde que muito bem esclarecida.

Se voltássemos no tempo cerca de 23 milhões de ano, no início do Mioceno (23,3 - 5,2 milhões de anos atrás), e observássemos a população de primatas que começou a se divergir e que posteriormente originaria os homínídeos (e os outros

símios) provavelmente a chamaríamos de macacos. Ou então, se voltarmos 6 a 7 milhões de anos e pudéssemos vislumbrar a população ancestral dos chimpanzés e dos homínídeos talvez a chamássemos de macacos, ou mais adequadamente de grandes macacos ou macacos antropoides (antropomorfos) ou primatas antropoides ou símios ou grandes símios. Com efeito, a afirmação comum e frequente, tida como equivocada, de que “o macaco se transformou em homem” está correta (desde que esclarecida). O que não está correto é a visão linear, rápida e sem ancestrais comuns da evolução (como a Figura a dá a entender), pois o “macaco se transformou em humano” através de populações ancestrais (antigas, que não existem mais) que se divergiram, ou se ramificaram (como uma árvore ou um arbusto) ao longo do tempo. Sabemos o quão forte e arraigada a concepção linear e progressiva (do inferior para o superior) da evolução biológica permanece na visão dos professores (e também do leigo) o que pode ter influenciado a resposta (inclusive no questionário final, mas menos).

P3 também argumenta utilizando a ideia supostamente equivocada de que “o homem evoluiu do macaco”, no entanto nos parece que ele troca o vocábulo “macaco” por “primata” e então torna a resposta mais problemática, afinal o ser humano evoluiu clara e definitivamente de populações de primatas antigos. Diz P3: “tal figura não representa a evolução biológica humana, pois dá a entender que o homem surge (evolui) dos primatas, quando na verdade homens e primatas apresentam um ancestral em comum, divergindo posteriormente em seus grupos”. A ideia da ancestralidade comum está correta. E a respeito da tão comum pergunta-afirmação de que “o homem veio do macaco”? Novamente reiteramos que sim, o homem veio do macaco, mas de macacos primitivos ou antigos que não mais existem, e não surgiu a partir de um processo evolutivo linear, mas arbustivo, ramificativo, em forma de galhos de árvore, a *arbovitae* ou árvore da vida. P5 afirma que a imagem apresentada “não representa a evolução biológica, pois não apresenta o **ancestral comum** que origina o surgimento das novas espécies”. Está correta a explicação, pois uma figura mostrando uma evolução em linha reta não há espaço para o compartilhamento de ancestrais.

P4 e P8 afirmaram que sim, a imagem representa a evolução biológica humana, o que não é correto, pois a imagem não representa a nossa evolução. Além disso, as explicações utilizadas para justificar tal conclusão também são insatisfatórias e inadequadas. P8 tenta argumentar que “Sim, pois [a imagem] ilustra

as mudanças ocorridas, ao longo de **bilhões de anos**, na anatomia humana, decorrente às adaptações que o homem realizou para sobreviver” (P8, grifo nosso). Concordamos que a imagem ilustra as modificações ocorridas, mas ao longo de poucos **milhões**, e não bilhões, de anos. Além disso, tanto P4 como P8 têm uma visão de que o ambiente direciona o processo evolutivo. Todavia, o ambiente não direciona as mutações genéticas, essas são aleatórias, ou seja, ocorrem independentemente de serem vantajosas ou desvantajosas para os organismos, isto é, “a chance de uma mutação particular ocorrer não é influenciada pelo fato do organismo estar ou não em um ambiente no qual essa mutação será vantajosa” (Futuyma, 2005, p.178, tradução nossa). O ambiente não induz mutações adaptativas para contemplar uma dada necessidade, ele as seleciona (Ayala, 2007). Além disso, a expressão gênica pode ser flexível e influenciada por aspectos ambientais e fatores epigenéticos (que podem inclusive ser herdados, ver, por exemplo, Jablonka e Lamb (2010)).

As explicações (justificativas) dos professores P1, P6, P7 e P12 ficaram bastante confusas ou simplesmente não explicam a pergunta, ou seja, a explicação não se encaixa na pergunta, ficaram deslocadas. Consideramos que as respostas assim foram dadas ou porque os professores não sabiam a resposta e tentaram responder ou porque não compreenderam bem a pergunta.

A Questão Inicial 17 (QI17) versou a respeito das aulas sobre evolução humana no ensino básico. Percebemos que alguns professores responderam à questão tendo em mente a evolução biológica geral e não a evolução humana, especificamente. Essa aparente confusão nos parece ter ficado clara em algumas respostas, nas quais o professor nada fala sobre evolução humana, mas unicamente sobre evolução geral. Talvez tenha ocorrido algum erro de interpretação por parte do professor ou talvez a questão não esteja clara o suficiente.

Quadro 7: Categorização das respostas dos professores à QI17.

QI17 - Você tem conseguido abordar a evolução biológica humana nas suas aulas? Se sim, como? Se não, por quê?		
CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
	P1	Há pouco estou na sala de aula, mas este ano falamos e interagimos com a evolução, muitas foram as dúvidas dos alunos, mas abordei de forma leve respondendo, dinamizando, com cartazes etc.
	P2	Eu tento, não da maneira que acredito seria ideal, mas sempre numa abordagem histórico-crítica, mas ainda muito

Professores que abordam a evolução humana		pontual.
	P3	Sim. Busco sempre a compreensão do aluno sobre a história evolutiva dos seres vivos na Terra; retomo, sempre que possível, ao cladograma geral e às modificações ambientais do planeta.
	P4	Sim, quanto abordo os conteúdos referentes ao Reino animal, referente às adaptações necessárias para a sobrevivência das espécies, desde Porífera até o ser humano, nesse contexto surgem dúvidas dos alunos geralmente quando comparo a anatomia dos sistemas, fisiologia: por que mudou? A partir daí consigo fazer essa abordagem evolutiva.
	P12	Muito variável, devido ao nível das turmas, mas os maiores obstáculos são o tempo e o currículo dos 3º, mais extenso, e também a proximidade com o Enem e vestibulares, que nos obrigam a abordar um pouco de tudo.
	P6	Brevemente. Apenas com aula expositiva dialogada e o repasse de pequenos vídeos. Gostaria de aprender, digo, aprofundar o conteúdo em sala, porém não é possível pela falta de tempo, pois há necessidade de cumprimento dos demais conteúdos e por dúvidas que tenho sobre o tema.
	P8	A evolução sempre é mais abordada (um pouco mais profundo, no ensino médio – 3º ano), o que gera um pouco de dificuldade, pois os alunos são mais faltosos e preocupam-se mais com a cerimônia de encerramento da educação básica. Além disso, esse conteúdo é abordado no fim do ano letivo, mais especificamente no segundo semestre, onde há muitos feriados, pressão para o fechamento de notas, sendo escasso o tempo para trabalhar o tema. Mas quando trabalhado procuro utilizar documentários e o jogo da “joaninha” para que os alunos percebam, através de um questionário direcionado a esse estudo de caso, os motivos pelo qual ocorre a evolução e o surgimento de novas espécies. No ensino fundamental é abordado apenas de forma oral, uma vez que os alunos não possuem conhecimento dos fundamentos da genética.
Professores que não abordam a evolução humana	P5	Eu não abordo evolução biológica humana, pois não me sinto preparada teoricamente para abordar este assunto.
	P9	Não, pois trabalho com ensino fundamental e este conteúdo não é trabalhado nessas séries. Porém quando algum aluno questiona, mesmo não estando nos conteúdos, explico oralmente ou com imagens.
	P10	Como não atuei no ensino de Biologia, acabei não me deparando com esse conteúdo, mas acredito que não conseguiria abordar esse conteúdo, até porque, não tive essa disciplina durante a formação.
	P11	Raramente, devido à falta de conhecimento da área.
		Total de sujeitos: 12
		Total de sujeitos que não responderam: 0
		Total de respostas não categorizadas: 1 (P7)

O sujeito P7 não fora categorizado, pois desde o ano de 2009 tem ministrado aulas apenas da disciplina de Química, não abordando, naturalmente, conceitos sobre evolução biológica, menos ainda sobre evolução biológica humana. Dos 11 (onze) sujeitos que responderam à Q17, 7 (sete) afirmaram que abordam a evolução humana na sala de aula, no entanto algumas dúvidas relacionadas à essas

respostas surgiram. O sujeito P1 afirma que abordou a evolução, mas não fica claro se fora a evolução humana. P3 nos diz: “Busco sempre a compreensão do aluno sobre a história evolutiva dos seres vivos na Terra; retomo, sempre que possível, ao cladograma geral”. Nessa resposta não vemos a abordagem específica da evolução humana. Quanto ao P4 nos parece conter o mesmo problema.

P12 afirma abordar o tema, entretanto varia de acordo com as turmas, a maior dificuldade é encontrada no 3º ano do ensino médio devido ao pouco tempo disponibilizado em decorrência do fato de ter que preparar os alunos para ENEM e vestibulares, **“que nos obrigam a abordar um pouco de tudo”**. P6 também reclama da falta de tempo e afirma lançar mãos de recursos como aula expositiva, dialogada e vídeos. P8 faz algumas reclamações sobre o índice de faltas dos alunos e o interesse maior nas cerimônias de formatura do que nas aulas, além de também estabelecer o tempo escasso como um impeditivo para uma abordagem mais qualitativa do tema. Alega também que é mais difícil abordar a evolução no ensino médio por ser mais aprofundada. Diz utilizar o *jogo da joaninha*¹¹⁴ como um estudo de caso para trabalhar a especiação. O *jogo das joaninhas* foi elaborado para o ensino médio e requer conhecimentos da genética e, portanto, se torna um empecilho para utilizá-lo no ensino fundamental, entretanto não há, necessariamente, necessidade de conhecer a genética para compreender algumas áreas da evolução (naturalmente que abordando a embriologia e a genética a explicação se torna mais completa e adequada).

É possível, por exemplo, ensinar sobre as evidências da ancestralidade comum (e as mudanças na forma¹¹⁵) apenas comparando espécies fósseis e espécies modernas, como o exemplo da evolução dos cetáceos. No entanto, P8 não fala, especificamente, nada de evolução humana nos passando a impressão de que tal área não fora abordada.

Por outro lado, temos os sujeitos P5, P9, P10 e P11. P5 afirma não abordar o assunto, pois lhe falta conhecimento da área. P9 é professor do ensino fundamental e não aborda a evolução humana justificando-se que esse assunto não faz parte do currículo desse nível de ensino. No entanto, não sabemos se ao utilizar

¹¹⁴ *A Seleção Natural em Ação: O Caso das Joaninhas* (2009) é uma atividade prática de ensino de genética, evolução e ciência ambiental para o ensino médio, desenvolvida por Lyria Mori, Cristina Yumi Miyaki e Maria Cristina Arias.

¹¹⁵ O pesquisador Sean B. Carroll (2006) sugere que os professores destaquem mais a evolução como “mudança na forma” e menos como “mudança na frequência gênica”.

o termo “currículo” P9 se reporta ao currículo da escola na qual trabalha ou ao currículo segundo os PCNs de Ciências Naturais do ensino fundamental. Os PCNs (BRASIL, 1997) de Ciências Naturais do ensino fundamental não explicitam o conteúdo “evolução biológica” ou “evolução biológica humana”, entretanto afirmam que já no 1º Ciclo (hoje, do 1º ao 5º ano) os alunos devem desenvolver, dentre outras, as capacidades de “observar, registrar e comunicar algumas **semelhanças e diferenças entre diversos ambientes**, identificando a presença comum de água, seres vivos [...] e características específicas dos ambientes diferentes”, “estabelecer **relações** entre características e comportamentos dos seres vivos e condições do ambiente em que vivem, valorizando a diversidade da vida” e também “observar e identificar algumas características do corpo humano” (BRASIL, 1997, p.46). Dessa forma, é possível inserir o conteúdo de evolução biológica e também evolução biológica humana já no 1º Ciclo e, conseqüentemente, no 2º Ciclo (6º ao 9º ano).

P9 também afirma que quando os alunos perguntam ele responde. Responder apenas quando os alunos perguntam pode significar não abordar nunca, afinal fica-se na dependência do aluno. P10 não trabalhou com biologia, mas se necessário fosse afirma que “**não conseguiria abordar esse conteúdo, até porque, não tive essa disciplina durante a formação**”. Aqui P9 destaca a ausência do conteúdo sobre evolução humana na sua formação (inicial) e, portanto, seu desconhecimento da área. P11 diz abordar raramente, e é devido a esse “raramente” que o agrupamos na categoria dos professores que não abordam a evolução humana, até porque, em seguida, ele justifica o uso do termo “raramente”: “**devido à falta de conhecimento da área**”.

Percebemos, dessa forma, como a evolução biológica humana tem sido negligenciada na educação básica, tendo como um dos possíveis motivos a ausência (ou insuficiência) desse conteúdo durante a formação inicial (graduação) do professor.

O Quadro 8 apresenta as respostas referentes à indagação sobre a presença do conteúdo de evolução biológica humana na formação inicial (graduação), e percebemos que ou ela não fez parte dos conteúdos ou quando fez, o fez de maneira insatisfatória.

Quadro 8: Categorização das respostas dos professores(as) à Q19.

Q19 - Na sua graduação (formação inicial) você teve aula sobre evolução biológica humana (EBH)?		
() não.	() sim.	Especifique (como foi):
CATEGORIAS	SUJEITOS	RESPOSTA

	DA PESQUISA	
Não, não tiveram aula sobre EBH	P1	Não. Foi abordado, visto sim, mais específico não.
	P2	Não.
	P5	Não.
	P10	Não.
	P11	Não.
Sim, tiveram aula sobre EBH	P3	Sim. Muito rápido e com pouco embasamento bibliográfico.
	P4	Sim. Genética de populações, paleontologia (disciplinas específicas). Através de discussões, artigos.
	P6	Sim. Foi trabalhado de forma breve na disciplina de genética.
	P7	Sim. Uma explicação de forma mais sucinta, nas disciplinas de anatomia e fisiologia.
	P8	Sim. Foi abordado juntamente com a evolução geral (um semestre), porém de forma breve.
	P9	Sim. Apenas no último ano de graduação, mas nada muito aprofundado.
Não lembra	P12	Devo ter tido, mas não me lembro, me formei em 1980.
		Total de sujeitos: 12
		Total de sujeitos que não responderam: 0
		Total de respostas não categorizadas: 0

As respostas se enquadraram dentro do esperado, ou seja, 5 professores afirmaram que não tiveram aulas sobre evolução biológica humana na graduação (formação inicial), apesar de a resposta de P1 estar confusa. Todas as graduações, exceto a de P12, foram concluídas após os anos 2000, portanto, relativamente recentes. P12 afirma não lembrar se tivera aulas de evolução humana, devido sua formação inicial ter sido concluída em 1980, entretanto muito provavelmente não tivera, afinal as formações iniciais mais recentes (após os anos 2000) ainda permanecem insatisfatório nessa área. As outras 6 (seis) respostas (P3, P4, P6, P7, P8, P9 e P12) afirmam que sim, que tiveram aula sobre evolução humana, no entanto todas fizeram algum tipo de observação utilizando termos para se referirem à abordagem do assunto, tais como, “breve” (P6 e P8), “sucinta” (P7), “muito rápida” (P3), “com pouco embasamento bibliográfico” (P3), “nada muito aprofundado” (P9) exceto o P4 que não indica tais termos. Lembramos novamente que todos os professores que participaram dessa pesquisa possuem licenciatura plena em Ciências Biológicas (pois se algum não tivesse essa formação seria natural não ter tido aulas sobre evolução biológica na graduação).

Sendo assim, percebemos que o conteúdo de evolução biológica humana (não somente de evolução humana, mas da evolução geral, afinal para que a evolução humana possa ser bem compreendida é necessária uma boa compreensão dos princípios básicos de evolução), na formação inicial (graduação) do professor, precisa ser trabalhado urgentemente, de maneira aprofundada, ou

como disciplina curricular obrigatória (o que seria o ideal), ou eletiva (optativa), pois seu ensino é indispensável para uma boa formação nas áreas de biologia e de ciências e, conseqüentemente, uma melhor prática docente e provável melhoria na aprendizagem desse tema no ensino básico.

Lembramos que mesmo a evolução biológica geral ainda é pouco trabalhada em cursos de licenciaturas em ciências biológicas constituindo, apenas, uma disciplina na parte final do curso (GOEDERT; DELIZOICOV; ROSA, 2003; GOEDERT, 2004; GOEDERT; LEYSER; DELIZOICOV, 2006; CORRÊA, 2010; MOURA; SILVA-SANTANA, 2012). Dessa forma, é urgente que se constitua uma melhor formação inicial na área e cursos de formação continuada que contemplem a temática.

5.1.2. Análise das Discussões no Curso sobre Evolução Biológica Humana

As discussões analisadas nesse item ocorreram durante o curso de formação continuada ofertado aos professores e foram filmadas para que posteriormente utilizássemos o áudio. As discussões utilizadas para as análises foram aquelas que consideramos as mais pertinentes e relevantes para essa pesquisa, isto é, somente as falas direcionadas à evolução biológica humana e, especificamente, à controvérsia científica White-Sarmiento (em relação ao fóssil *Ardipithecus ramidus*), apesar de outras discussões terem acontecido, mas que para esse trabalho não serão consideradas.

No processo de transcrição das falas dos professores fizemos uma adequação da linguagem para que a leitura fosse facilitada e “fluísse” melhor, dessa maneira, expressões comumente utilizadas no discurso oral como “né”, “tá”, “tipo”, “entendeu”, “ai” e similares, foram desconsideradas (sem interferir no conteúdo da ideia), bem como erros de concordância nominal e verbal quando identificados foram corrigidos. Algumas falas não ficaram claras (devido ao áudio) e outras ficaram sobrepostas (quando dois ou mais professores falaram ao mesmo tempo) prejudicando a sua compreensão. Além disso, dentre os 11 professores participantes, 3 ou 4 participaram efetivamente com seus questionamentos.

No debate dessa controvérsia científica (ou interação polêmica) com os professores não foram debatidos (foram apenas citados rapidamente) os conceitos de *disputa*, *controvérsia* e *discussão* elaborados por Marcelo Dascal (e

apresentados no capítulo 2), pois ainda não estávamos certos se utilizaríamos, como referencial teórico as suas concepções sobre controvérsias científicas, apesar de já estarmos escrevendo a respeito. Explicamos melhor o porquê da não discussão desses conceitos de Dascal ao longo do curso de formação no item 4.1.

Para iniciar a discussão sobre a controvérsia científica White-Sarmiento apresentamos o documentário (em DVD) sobre as pesquisas (durante 15 anos) lideradas pelo paleoantropólogo Tim White no leste africano, na bacia do rio Awash (daí o nome “Projeto Médio Awash”), na região de Afar, Etiópia, no Vale da Fenda (Fenda de Afar), especificamente, na região de Aramis. O documentário intitula-se *Descobrimo Ardi* (2012) e apresenta toda a trajetória dessa equipe de cientistas, a descoberta (ou desenterramento) dos primeiros fósseis (em 1992), as expedições realizadas, a plastificação (adição de resina plástica) dos fragmentos, a inserção em gesso, o transporte para o laboratório na Universidade da Califórnia (EUA) e posteriormente para a Universidade de Tóquio (Japão) para a realização das tomografias computadorizadas e a reconstrução dos ossos faltantes e esmagados, até sua interpretação, classificação e completa reconstrução.

Após o término da apresentação de alguns trechos do documentário, entregamos um texto-resumo (APÊNDICE E) da controvérsia científica White-Sarmiento (o resumo dos 4 artigos científicos) aos professores. Esse texto-resumo foi lido por todos e a discussão ocorreu parte concomitantemente e parte após o término da leitura. Dividimos as principais discussões em quatro fragmentos ou trechos que serão identificados por Excerto 1 a Excerto 4. Os ministrantes serão identificados por M1 e M2 e os professores por P1 a P11 .

EXCERTO 1

M1. Os pesquisadores Tim White e Esteban Sarmiento possuem os mesmos dados e interpretações diferentes.

M2. Por que acontece isso? É comum isso na ciência?

P1. É só usar um outro conceito ou outra metodologia que já muda tudo.

M2. Eles têm os mesmos dados, o mesmo fóssil e estão tendo um olhar diferente. É uma controvérsia recente. Sarmiento considera a interpretação de Tim White como antropocêntrica, isto é, características humanas são derivadas e características de chimpanzés são primitivas.

P1. Essa crítica é válida, mas não resolve o problema também.

M1. Sim. Outros paleoantropólogos também destacam essa questão, afirmando que as características de um chimpanzé não são, necessariamente, ancestrais, pois alguns paleoantropólogos ainda assim consideram. White e equipe afirmam nas suas pesquisas com Ardi que os chimpanzés não são “máquinas do tempo” e não devem ser utilizados como modelos primitivos.

Essa primeira questão posta em debate é bastante importante e comum na ciência e, portanto, na paleoantropologia: a discordância entre interpretações dos dados fósseis. Ao serem indagados a respeito disso P1 responde que “é só usar um outro conceito ou outra metodologia que já muda tudo”. Isso nos remete a um artigo, de setembro de 2015, divulgado no blog NetNature (ROSSETTI, 2015), intitulado “E Agora, Aonde Enfiar¹¹⁶ o *Homo naledi*?” apresentando as discordâncias e comentários de importantes paleoantropólogos a respeito. *H. naledi* é o mais recente representante da linhagem homínida clássica, desenterrado¹¹⁷ em 2013 e publicado em 2015. No entanto, há problemas de classificação e de interpretação. Há discordâncias entre os paleoantropólogos. Muitas críticas são feitas, por exemplo, à necessidade de nomear ou não uma espécie a cada descoberta. Os paleoantropólogos que defendem a nomeação e existência de várias espécies homínidas são chamados de “splitters”. Aqueles que reconhecem poucas espécies são os “lumpers” (WOOD, 2005). Bernard Wood (2005, p.46, tradução nossa, grifo nosso) estabelece que “ambos os pesquisadores **estão olhando as mesmas evidências, eles apenas as interpretam diferentemente**”. Afirma ainda que “as principais **discordâncias** entre os paleoantropólogos sobre quantas espécies reconhecer no registro fóssil são devidas às diferenças em **como eles interpretam a variação**” (WOOD, 2005, p.46, tradução nossa, grifo nosso). Segundo esse mesmo cientista (2005), isso pode ocorrer porque as variações de caracteres nos ossos podem ser muito tênues. Outras causas de tais discordâncias já foram apresentadas e discutidas no capítulo 2, entretanto lembramos que elas podem ser desde escassez de evidências, poucos dados, ambição científica exagerada, linhas teóricas diferenciadas ou ideologias (paradigmas profundos).

¹¹⁶ Apesar do termo “enfiar” ser grosseiro, e ser mais adequado utilizar o termo “colocar” ou “classificar”, trata-se do título dado pelo autor. Não se trata de tradução, mas de texto escrito em português.

¹¹⁷ Foram desenterrados cerca de 15 indivíduos (adultos e crianças).

Voltando à afirmação de P1 de que “é só usar um ou outro conceito ou outra metodologia **muda tudo**”, obviamente não é tão simples assim, no entanto dependendo do critério e da metodologia utilizados haverá influência tanto na coleta quanto na interpretação dos dados. Além do mais, muitas diferenças ou características presentes nos fósseis são bastante tênues e suaves, oferecendo grande margem às incertezas. É possível que a ocorrência também de atributos morfológicos definidores ou chaves para a identificação do fóssil desenterrado ser mosaicos ao de outras espécies, isto é, uma mescla de características de espécies diferentes. Novas análises, novas técnicas e tecnologias de análises (como a *antropologia virtual*¹¹⁸, por exemplo) e mais fósseis (de preferência íntegros) são fundamentais para dirimir as discordâncias. Na verdade, o mais intrigante de toda essa história é que um achado fóssil pode lançar alguma luz sobre a árvore filogenética hominídea e reduzir as controvérsias, mas pode também trazer ainda mais confusão no que tange às nossas origens.

M2 destaca a crítica de Sarmiento relacionada à interpretação antropocêntrica (Lamarckiana) por parte de White e equipe. Segundo Sarmiento as conclusões de White foram aparentemente guiadas por uma interpretação evolutiva Lamarckiana da *scala naturae*, na qual os chimpanzés expressam o primitivo e, os humanos, o derivado (SARMIENTO, 2010). P1 argumenta que “essa **crítica é válida**, mas não resolve o problema”, ou seja, para P1 isso não nos ajuda a resolver a questão de se “Ardi” é hominídeo ou não. Trata-se de uma crítica importante, pois as características de um chimpanzé não são, necessariamente, ancestrais (ou primitivos), embora alguns paleoantropólogos ainda assim consideram, o que configura uma certa visão antropocêntrica lamarckiana. Entretanto, como já discutido no capítulo 2, White e equipe afirmam que os chimpanzés não devem ser utilizados nem como “máquinas do tempo” nem como chimpanzés pré-históricos, ou seja, não podem ser considerados ancestrais ou primitivos, embora, obviamente, possam ter caracteres ancestrais (plesiomórficos), mas também derivados (apomórficos).

Em outro momento uma contestação apresentada por Sarmiento às pesquisas de White é discutida pelo grupo.

¹¹⁸ Área onde se utiliza tecnologia de imagem, um scanner a laser, por exemplo, para gerar uma versão digital ou “virtual” do fóssil e exibida na tela do computador (WOOD, 2005).

EXCERTO 2

M1. Aqui entra uma nova contestação de Sarmiento, sobre a análise de DNA, do relógio molecular. Os 4,4 milhões de anos para Ardi foram determinados por relógio radioativo, mas tem outro relógio utilizado que é o relógio molecular, é uma técnica usada para deduzir o tempo que os táxons divergiram. Segundo a interpretação de Sarmiento para o relógio molecular o ancestral comum teria no máximo 5 milhões de anos, só que Ardi tem 4,4 e para Sarmiento Ardi seria praticamente o ancestral comum ou anterior.

M2. E como vocês se posicionam até aí?

P5. Eu estou com Sarmiento. Estou com Sarmiento.

P3. Nessa briga de cachorro grande estou fora.

P5. Eu acho assim muito...

P2. Acho que tem que escavar mais.

P5. É, isso.

M1. O artigo de White contém muitos dados.

P5. Sim, mas tudo bem, mas essa quantidade não significa que o primeiro esteja correto. Sarmiento ele é muito... ele contesta realmente. Tem que ter mais ossos ali e alguns seriam essenciais.

P3. Existe uma terceira linha de pesquisa que contesta os dois ou que una os dois, alguma coisa assim?

M1. Tem. Há três lados. Embora a partir de 2009 o consenso tenha aumentado de que Ardi é um homínídeo, há aqueles que aceitam Ardi como homínídeo, outros não aceitam e outros ficam em suspenso esperando mais fósseis ou novas análises.

M1 esclarece brevemente o que seria o relógio molecular e explica a contestação de Sarmiento. M2 indaga os professores sobre seus posicionamentos no debate até aquele momento (após algumas discussões). P5 posiciona-se a favor de Sarmiento ao afirmar “**eu estou com Sarmiento**”, considerando as contestações desse cientista bastante pertinentes, oportunas e consistentes. Já P3 põe-se numa posição externa à controvérsia, ou seja, não argumenta nem a favor nem contra qualquer um dos lados, e deseja não se envolver ao dizer que “nessa briga de cachorro grande estou fora” (P3), isto é, a sua posição é não se posicionar, escolheu não escolher, escolheu ficar assistindo “de fora”. P2 utiliza um argumento muito comum entre os paleoantropólogos (segundo Wood, 2005), o de que precisamos de mais fósseis: “**acho que tem que escavar mais**”, isto é, é necessário desenterrar

mais fósseis para resolvermos a contenda. P5 concorda com P2 sobre desenterrar mais fósseis: “é, isso”. De fato, desenterrar mais fósseis é a ação mais perseguida e desejada por todos os paleoantropólogos, pois além de procurarem reconhecimento científico com essas escavações podem resolver contendas e controvérsias, além de obter mais conhecimento na área. Ou podem aumentar a “confusão” no tocante às árvores filogenéticas dos homínídeos.

Nesse contexto, M1 alega que o artigo científico de White e equipe contém muitos dados. Prontamente P5 contesta essa alegação argumentando que “essa quantidade não significa que o primeiro [White] esteja correto. Ele [Sarmiento] contesta realmente. **Tem que ter mais ossos ali e alguns seriam essenciais**” (P5). Nessa afirmação percebemos a criticidade de P5, pois simplesmente o fato de se apresentar muitos dados em um artigo científico não significa que sejam dados corretos, que tenham sido coletados de maneira adequada, que tenham algum poder representativo de fato ou que estejam interrelacionados gerando um conhecimento sistematizado e organizado. Indubitavelmente mais ossos são necessários, íntegros, de referência, e principalmente aqueles do pulso e do crânio, como alega Sarmiento.

P3 indaga se haveria uma terceira linha, isto é, pesquisadores da área que contestam ou que unam White e Sarmiento: “existe **uma terceira linha de pesquisa** que contesta os dois ou que una os dois, alguma coisa assim?” (P3). Essa indagação está em consonância com sua posição anterior de não se envolver na contenda e buscar uma 3ª opção. P3 anteriormente já havia dito que não se posicionaria, não tomaria partido nessa polêmica, o que é uma posição possível e talvez aberta às novas evidências para, a partir de então, se posicionar com menos incerteza.

EXCERTO 3

M2. Qual o papel dessa controvérsia na ciência?

P3. Justamente fazer a ciência avançar... Novas pesquisas.

M2. Será que tem uma resposta certa? Será que se chega numa resposta certa?

P4. Chegará.

P5. Eu não sei.

M1. Numa verdade?

P4. Acho que chega.

P3. Uma verdade aproximada.

No Excerto 3 da discussão ocorrida, M2 indaga aos professores qual o papel dessa controvérsia na ciência, ou seja, que importância ou influência tem para a construção do conhecimento científico: “**Qual o papel dessa controvérsia na ciência?**” (M2). Prontamente P3 responde que o papel dessa controvérsia (e das controvérsias em geral) é propiciar o avanço da ciência, “**justamente fazer a ciência avançar... Novas pesquisas**” (P3). Essa alegação de P3 parece estar em consonância com aquilo que Marcelo Dascal defende ao afirmar que “a crítica e a controvérsia são o motor do progresso [ou avanço] do saber” (DASCAL, 2005, p.1), nesse caso, do saber científico. Diogo Meyer e Charbel El-Hani (2005) também afirmam que sem discordância não haveria avanço no conhecimento. Entretanto, alguns filósofos da ciência (como Kuhn e Feyerabend, por exemplo) são contrários à ideia “tradicional” de avanço e progresso científicos, pois para eles tal avanço limita-se a um determinado contexto histórico, a uma determinada época e a uma determinada comunidade científica. Quanto à afirmação de P3 a respeito das controvérsias científicas estimularem novas pesquisas, Ridley (2006) cita a importância da controvérsia científica “deriva aleatória x seleção natural” como estimuladora para novos programas de pesquisa na área: “a discussão [deriva x seleção] tem estimulado um dos programas de pesquisa mais valiosos na biologia evolutiva” (RIDLEY, 2006, p.123).

Após essa discussão inicial, M2 indaga os professores se seria possível atingir uma resposta certa para o fósil envolvido na controvérsia científica, isto é, “será que se chega numa **resposta certa?**” (M2). P4 acredita que sim, “**chegará**”. P5 não tem tanta certeza ao responder “**eu não sei**”. A partir daqui M1 também indaga se é possível chegar a uma verdade. P4 alega ser possível chegar a uma verdade, “**acho que chega**”, P5 defende uma “**verdade aproximada**”. Como já discutido no capítulo 1 (item 1.1), o filósofo da ciência Karl Popper (1979) defende a ideia da aproximação da verdade (por meio de refutações). Ao contrário, Bas van Fraassen (2007), argumenta que a ciência pode bem cumprir seu papel sem, necessariamente, fazer tal relato verdadeiro, a aceitação de uma teoria pode

envolver algo a menos (ou diferente) que a crença de que ela é verdadeira¹¹⁹, por exemplo, sendo empiricamente adequada.

Não é fácil afirmar se há uma resposta única para os fósseis homínídeos e para essa controvérsia científica, afinal há uma boa quantidade de fragmentos fósseis esmagados e distorcidos e problemas de reconstrução desses fósseis. Entretanto, há caracteres nesses fósseis (como a espinha íliaca da pelve, os ossos sesamoides, o osso cuneiforme medial, a posição do forame magno e outros, por exemplo) relativamente íntegros e de grande concordância entre os paleoantropólogos. Podemos até afirmar que há uma resposta consistente ou adequada, porém sempre mantendo graus maiores ou menores de incertezas e sempre dispostos a revisar e reanalisar os dados fósseis disponíveis, bem como realizar mais escavações para corroborar, corrigir ou rejeitar hipóteses até então aceitas.

EXCERTO 4

M1. Há alguma ambição por reconhecimento científico ou até uma ideologia?

P3. A crítica implícita de Sarmiento é que Ardi está forçando uma coisa que não é. Porque não é qualquer descoberta que vai revolucionar o que sabemos de evolução humana. Acho que é essa crítica, a ambição científica de White por um nome.

M2. Se formos pensar em como a ciência é construída, o que esse exemplo dessa discussão recente mostra sobre como é o fazer científico?

P5. Em cima de muitas provas. Realmente aqui, olha... esse White traz assim estudos realmente detalhados, deve ter uma equipe fantástica que fica 24h em cima. Não é uma filosofia, é embasado.

M1. E especificamente a controvérsia? Qual a importância, o papel dela nesse caso?

P6. Esse é um período de revolução científica, em busca de um novo paradigma para a ciência.

M1. Eles estão debatendo por que um quer mais reconhecimento científico do que o outro? Um tem uma ideologia e o outro, outra? Ou é mais sobre dados científicos mesmo?

¹¹⁹ Aqui não entraremos em discussões a respeito da filosofia da ciência sobre teorias de verdade, pois não é o objetivo desse trabalho e isso não fora problematizado nem discutido ao longo do curso de formação com os professores, afinal o objetivo do curso era ensinar e discutir sobre evolução biológica humana e não filosofia da ciência.

P2. Interpretação de dados, pois os dados estão lá. Cada um está vendo por um ângulo.

P5. Eu acho que são dados.

P3. A gente quer pensar que seja [por dados] por que se não fica até chato os caras ficarem brigando por...

P4. Mas são humanos.

Iniciamos o Excerto 4 através da indagação feita por M1 a respeito da existência ou não de ambição por reconhecimento científico ou até de uma ideologia por parte dos paleoantropólogos. Naturalmente, para deixar clara a questão, quando falamos em “ambição científica” queremos dizer a ambição exagerada, descontrolada e vaidosa, uma ânsia por notoriedade, e não o desejo profissional normal e respeitável de ser reconhecido profissionalmente pelos seus pares e pela comunidade científica. A esse respeito Charles Darwin (2000) faz uma crítica a William Buckland (1784-1856), um geólogo de sua época, ao afirmar que ele, Darwin, “gostava da maioria deles [geólogos], com exceção de Buckland”, pois ele, Buckland, “era mais movido pela ânsia de notoriedade, que às vezes o levava a agir como um bufão¹²⁰, do que pelo amor à ciência” (DARWIN, 2000, p.88). P3 aborda essa questão no seu comentário ao argumentar que White está forçando a barra com Ardi e ambicionando por nome na ciência ao afirmar que “a crítica implícita de Sarmiento é que Ardi está forçando uma coisa que não é. **Porque não é qualquer descoberta que vai revolucionar o que sabemos de evolução humana.** Acho que é essa crítica, a **ambição científica** de White por um nome” (P3). A partir desse comentário perguntamos se os 15 anos de pesquisa com Ardi envolvendo dezenas ou centenas de cientistas de várias universidades configura-se em uma “descoberta qualquer”? Não nos parece que seja. O debate sobre ambição e reconhecimento científicos exagerados, devido a determinadas pressões para alcançar sucesso no mundo acadêmico, é de grande relevância, uma vez que esse fator pode levar o cientista a apresentar dados não analisados ou não coletados com a devida cautela, e podem decidir o que os pesquisadores “verão” nos seus resultados: “por vezes, as pressões para ter sucesso na academia levam os pesquisadores a ver o que eles querem ver a partir de seus estudos” (ALCOCK, 2013, p.12, tradução nossa).

¹²⁰ Bobo, quem faz rir por falar ou comportar-se de modo cômico, ridículo, inoportuno ou indelicado, ou aquele a quem falta seriedade nas relações humanas.

Percebemos que ao longo das discussões dessa controvérsia científica, alguns professores mudaram de posicionamento (P5, por exemplo), enxergando maior ou menor influência de valores na polêmica apresentada. Será que os professores de fato compreenderam a questão para defender uma ou outra posição e mesmo para mudar de posicionamento? Parcialmente. Será que as explicações e comentários dos ministrantes (M1 e M2) do curso influenciaram as tomadas de posição por parte dos professores? Acreditamos que sim.

Continuando o debate, M2 pergunta sobre a construção do conhecimento científico, “o que esse exemplo dessa discussão recente mostra sobre como é o fazer científico”? E P5 afirma que o fazer científico é feito baseado em provas, utilizando os dados abundantes e detalhados de White e equipe para justificar sua resposta: “Em cima de muitas **provas**. Realmente aqui, olha... esse White traz assim estudos realmente detalhados, deve ter uma equipe fantástica que fica 24h em cima. Não é uma filosofia, é **embasado**” (P5). O interessante é que o professor P5, no Excerto 2, se posicionou a favor de Sarmiento e após alguns debates e análises concluiu que a pesquisa e interpretações de White e equipe eram mais consistentes e convincentes. E mudou de posicionamento. Talvez possamos considerar a concepção de P5 como “empírico-indutivista”, segundo os critérios de Gil-Perez e colaboradores (2001), baseada apenas em “provas” e “fatos”.

M1 indaga sobre a importância dessa controvérsia para a ciência, qual o seu papel? Prontamente P6, que ainda não houvera participado dos debates, afirma, utilizando a concepção do filósofo e historiador da ciência Thomas Kuhn, que essa controvérsia científica tem o papel de estabelecer um novo paradigma na ciência, através de uma revolução, “esse é um período de **revolução científica**, em busca de um **novo paradigma** para a ciência” (P6). Podemos compreender o termo paradigma¹²¹ como “imagem do mundo” (definição mais comumente utilizada) ou “realização científica universalmente reconhecida” (e ainda há outras definições¹²²) (MASTERMAN, 1979, p.75). Talvez a controvérsia científica sobre *Ardipithecus ramidus* não se enquadre como uma revolução científica no sentido de “mudança de

¹²¹ “É difícil definir paradigma uma vez que Kuhn, que criou o conceito, não usa o termo de forma consistente. Simplificando o problema podemos dizer que os paradigmas representam conjuntos de conceitos fundamentais que, num dado momento, determinam o caráter da descoberta científica” (FREIRE-MAIA, 2007, p.82).

¹²² A filósofa e linguista Margaret Masterman (1910-1986), em seu artigo A Natureza do Paradigma (1979) identificou 21 concepções diferentes apresentadas pelo próprio Thomas Kuhn, em seus escritos, sobre o termo Paradigma. Masterman (1979) chamou tais concepções de As Múltiplas Definições de Paradigma dadas por Kuhn.

imagem do mundo”, pois não há mudança em toda uma teoria científica, nem a substituição de uma teoria por outra (e essas sendo incomensuráveis), mas a mudança ocorre em algumas hipóteses há tempo aceitas, embora sejam hipóteses relevantes para o arcabouço da teoria evolutiva humana. Ou talvez pudéssemos considerar uma revolução científica menor substituindo um paradigma menor (ou pequeno)? Pois, como afirma Freire-Maia (2007, p.85), “nem todos os paradigmas representam visões do mundo. Há paradigmas “pequenos”, que são visões de um segmento diminuto da realidade”. Para Kuhn (1998), quando a ciência normal trabalha bem, orientada por um determinado paradigma e, portanto, é bem sucedida no seu fazer científico, não encontra novidades nem descobre nada de novo em relação aos fatos e às teorias.

No entanto, fenômenos novos são frequentemente descobertos pela pesquisa científica e cientistas frequentemente inventam teorias radicalmente novas (KUHN, 1998). Kuhn (1998) intitula essa nova descoberta de *anomalia*. Essa anomalia pode levar a mudanças teóricas maiores atingindo um caráter ou status de revolução e de substituição de paradigmas, sendo esses incomensuráveis (incomparáveis, incompatíveis). Para o filósofo Marcelo Dascal (1994) tais anomalias ou inovações de ideias são o estado natural da ciência, ou o período de ciência normal. Trata-se de um importante comentário de P6, pois pensamos que tais debates sobre a natureza e a filosofia da ciência devem se fazer presentes nas discussões sobre o trabalho científico.

Novamente M1 traz à baila para o grupo a questão da origem da controvérsia científica: dados, ambições ou ideologias? P2 e P5 afirmam serem os dados, no entanto P2 destaca as interpretações diferentes. P2 afirma que se trata da “interpretação de dados, pois os dados estão lá. Cada um está vendo por um ângulo”. P5 diz “eu acho que são dados”. Aqui lembramos a observação importante de Gil-Perez e equipe (2001, p. 136) quando diz que “os dados não têm sentido em si mesmos, pelo que requerem ser interpretados à luz de um sistema teórico¹²³”. Poranto, se pesquisadores se utilizam de sistemas (ou linhas) teóricos divergentes, os mesmos dados serão diferentemente intrerpretados. P3 demonstra a preocupação de que a controvérsia “deveria” ser pelos dados, ao afirmar que “**a gente quer pensar que seja [por dados] por que se não fica até chato os caras**

¹²³ Sistemas teóricos são visões coerentes e articuladas, aceites pela comunidade científica e que orientam, pois, a investigação (GIL-PEREZ et al., 2001, p.136).

ficarem brigando por...” (P3), entretanto temos que lembrar que segundo Marcelo Dascal (1994), mesmo que a origem e a base mais importante da controvérsia sejam efetivamente os dados ou alguma metodologia, isto é, os fatores epistêmicos (científicos), outros fatores, os não-epistêmicos (não-científicos), tais como fatores sociais, pessoais (personalismo¹²⁴), culturais, religiosos, ideológicos, e outros, em maior ou menor grau, estarão presentes, pois a interpretação dos dados pode sofrer influências dos valores e desejos do cientista e da comunidade na qual está inserido. Isto é, o conjunto de crenças, princípios e normas compartilhados por uma comunidade científica (coletividade) pode orientar as ações dos cientistas (MERTON, 2013).

A afirmação “**mas são humanos**”, feita por P4 e que conclui o Excerto 4, é de grande relevância para refletirmos sempre e permanentemente sobre a concepção ingênua de que o cientista é “imune às influências da sociedade” e que está “acima de qualquer suspeita”. Eles são humanos, sofrendo as influências mesmas que todos, não-cientistas, sofrem. Gil-Perez e equipe (2001) destacam que é necessário abandonarmos a visão deformada que ele chama de “Visão descontextualizada, socialmente neutra da ciência”, isto é, a visão que não leva em conta “as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS)” e, dessa maneira, “proporciona-se uma imagem deformada dos cientistas como seres ‘**acima do bem e do mal**’, **fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções**” (GIL-PEREZ et al., 2001, p.133).

Gil-Perez e equipe (2001) sugerem uma visão mais adequada da ciência afirmando que é preciso compreender o caráter social do desenvolvimento científico. Assim, o trabalho dos homens e mulheres de ciência - como qualquer outra atividade humana não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, sem que isto faça supor que se caia num relativismo ingênuo incapaz de explicar os êxitos do desenvolvimento científico. Reiteramos a importância da afirmação de P4, pois nos alerta a sempre refletir a respeito, para que ao ensinar ciências, o professor possa passar uma imagem mais adequada ou mais “verdadeira” da atividade científica podendo contribuir para a melhoria da qualidade do ensino na área.

¹²⁴ Atitude do indivíduo que tem a si próprio como ponto de referência de tudo o que ocorre à sua volta.

Dessa maneira, a partir da análise de alguns Excertos das discussões realizadas sobre a controvérsia científica White-Sarmiento, no segundo dia do curso de formação oferecido, percebemos que alguns professores reconheceram a potencial presença de fatores tanto científicos quanto não científicos permeando a atividade científica, podendo, tais fatores, influenciarem em maior ou menor grau suas decisões, interpretações e metodologias. Essa discussão possibilitou a reflexão dos professores quanto à importância de compreender que a ciência é um empreendimento tanto competitivo, devido, por exemplo, às “batalhas intelectuais”, quanto cooperativo e coletivo, devido à vivência nas comunidades científicas, além da presença das influências externas (pressões sociais, culturais, políticas, econômicas etc). Esperamos que tais reflexões tenham sido úteis e possam contribuir para um melhor ensino de ciências e para melhorar a compreensão, por parte do professor, dessa importante área do conhecimento humano.

5.1.3. Análise das Respostas dos Professores ao Questionário Final

Nesse item apresentaremos as respostas dos professores ao questionário final, bem como sua análise e discussão. Nem todas as questões desse questionário foram utilizadas para essa dissertação, somente aquelas diretamente relacionadas ao tema da pesquisa. Novamente lembramos que tivemos 20 inscritos no curso de formação, no entanto apenas 11 compareceram e permaneceram até o término, obtendo 100% de frequência e respondendo aos questionários inicial e final. Outro professor (o 12º) frequentou 75%, não participou da tarde no 2º dia de curso e, portanto, não respondeu ao questionário final. Dessa maneira, analisamos os dados a partir de 11 questionários finais. Não comentaremos nem transcreveremos, no corpo do texto, todas as respostas apresentadas nos Quadros, apenas aquelas que consideramos mais representativas e mais relevantes para essa discussão.

5.1.3.1. Percepção sobre Controvérsias Científicas e Ciência

Após a conclusão do curso de formação continuada, um questionário final de coleta de dados foi aplicado aos professores (os sujeitos da pesquisa). As três primeiras perguntas versavam sobre o papel das controvérsias científicas na

construção do conhecimento científico. Para essa pesquisa nos interessam apenas as duas primeiras. A primeira questão (Questão Final 01 – QF01) é muito semelhante à Questão Inicial 13 (QI13) do questionário inicial de coleta de dados. O objetivo é analisar as respostas antes e após o curso de formação para compará-las e identificar alterações nas percepções dos professores. A QF01 traz um pequeno debate entre dois paleoantropólogos a respeito das interpretações de um suposto fóssil homínido, *Ardipithecus ramidus*.

As respostas dos professores foram analisadas e a partir dessas análises, categorias foram elaboradas baseadas nas unidades de significado.

Quadro 9: Categorização das respostas dos professores à QF01.

QF01 - Dois cientistas podem convergir em determinadas ideias e divergir em outras, por exemplo, dois biólogos concordam que a seleção natural trabalha, em termos humanos, lentamente ao longo de muitas gerações, produzindo o olho humano, a ecolocação de morcegos e a habilidade de serpentes em envenenar suas presas, no entanto debatem arduamente sobre a natureza da evolução, isto é, o que de fato faz a evolução acontecer (STERELNY, 2007). Abaixo são apresentadas algumas afirmações que tratam de uma controvérsia trabalhada ao longo do curso:

COMENTÁRIO: *Ardipithecus ramidus*, um fóssil homínido de 4,4 milhões de anos de idade do Plioceno, é noticiado como sendo um membro exclusivo da linhagem humana pós-divergência dos símios africanos (um homínido no sentido clássico). No entanto, não existe apoio suficiente para essa alegação (SARMIENTO, 2010).

RESPOSTA AO COMENTÁRIO: Nós afirmamos que *Ardipithecus* é um homínido baseando-nos em numerosas características dentais, craniais e pós-craniais. Sarmiento argumenta que essas características não são exclusivas de homínidos, argumentando que *Ardipithecus* é velho demais para ser cladisticamente homínido. Sua alternativa filogenética, no entanto, é improvável porque ela requer caminhos evolutivos tortuosos e não-parcimoniosos (WHITE et al., 2010).

À luz das discussões ocorridas durante o curso de formação e após leitura e debate dos artigos científicos publicados nas revistas **Science** e **PNAS** como você interpreta o papel (a função) das controvérsias científicas na construção da ciência?

CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
Controvérsias científicas como instrumento para o avanço e desenvolvimento da ciência	P1	A controvérsia científica é a base para a evolução da ciência, é a forma que a ciência possui de discutir e encontrar a melhor explicação para determinado questionamento.
	P2	As controvérsias são importantes para o desenvolvimento da ciência. São olhares de ângulos diferentes e cada controvérsia tem um embasamento das vivências de cada pesquisador sobre o mesmo "material".
	P4	As controvérsias são ferramentas impulsionadoras para o avanço científico, para a evolução do conhecimento.
	P7	As controvérsias são essenciais para que a ciência chegue a conclusões mais precisas de evidências, estudos e/ou observações, afinal cada pesquisador apresenta linhas de pensamento que só são modificadas por observações e apontamentos feitos por outros pesquisadores ou críticos.

	P10	As controvérsias científicas são essenciais para o avanço da ciência, pois assim, os pesquisadores, quando parcial ou totalmente despidos de seu ego, podem enxergar os diferentes pontos de vista sobre o assunto. Dessa forma a ciência avança, pois as controvérsias instigam os pesquisadores a buscarem mais evidências que embasem seus posicionamentos.
	P11	Extremamente relevantes para ajudar a progredir nos avanços de conhecimentos. Pois alguns pontos que podem passar despercebidos para ambos podem vir à tona e a procura pela elucidação desses pontos faz alavancar novos conhecimentos.
Controvérsias científicas como instrumento para revisão de teorias	P6	A ciência é uma atividade humana sempre em construção, um conhecimento servindo de base para outras. As controvérsias têm o papel de estimular novas pesquisas, abrem-se novas frente de trabalho e confirmam ou derrubam as teorias tidas como verdades, até aquele momento.
Controvérsias científicas como instrumento para construção do conhecimento	P5	A ciência está associada a descobertas, teorias constantes, nelas existem controvérsias a cada período de tempo indeterminado, são essenciais para a construção e aprimoramento do conhecimento, é importante ressaltar que não é imutável, por isso devemos nos atualizar constantemente e analisar “quem” “o que” e a “pedido de quem” está sendo realizada a pesquisa, o experimento...
	P6	Idem a citação do professor P6 acima.
	P8	Mantenho minha opinião de que são indispensáveis à construção do conhecimento científico, são “encruzilhadas”, pontos em que um grupo opta por um caminho ou outro para fundamentar suas atuações.
	P9	Benéficas, pois a construção do conhecimento se faz a partir das dúvidas que são apresentadas em relação a um determinado assunto.
Resposta não-Satisfatória	P3	Que para ciência crescer se faz diante de muitos estudos, interações sociais a crítica e os argumentos elevam esse patamar das relações evolutivas.
		Total de sujeitos: 11
		Total de sujeitos que não responderam: 0
		Total de respostas não categorizadas: 0

Percebemos que o conteúdo das respostas, antes (QI13) e depois (QF01) do curso de formação desenvolvido, é bastante semelhante. Entretanto, há alguns apontamentos distintos nas respostas à QF01 que serão destacados. Todos os 11 (onze) sujeitos da pesquisa apresentaram, no seu conteúdo geral, a concepção de avanço e de desenvolvimento da ciência (assim como na QI13) e argumentaram que as controvérsias científicas são de grande relevância, ou até indispensáveis, para esse avanço. No entanto, elaboramos 4 categorias para melhor analisar o conteúdo das respostas.

P1, P2, P4, P7, P10 e P11 argumentaram que, de uma forma ou de outra, as controvérsias científicas contribuem para o avanço e desenvolvimento da ciência. É

provável que os professores, ao citarem os termos “avanço” e “desenvolvimento”, queiram denotar um sentido de “explicar melhor” ao “compreender melhor” os fenômenos naturais. E isso, segundo esses professores, é proporcionado pelas controvérsias científicas. P1 e P4 utilizaram o termo “evolução” da ciência ou do conhecimento, entretanto consideramos como sinônimo (ou algo muito similar) aos termos “avanço” e “desenvolvimento”. Diz P1 que “a controvérsia científica é a base para a **evolução da ciência**, é a forma que a ciência possui de discutir e encontrar a **melhor explicação** para determinado questionamento”. P4 afirma “as controvérsias [científicas] são ferramentas impulsionadoras para o **avanço científico**, para a **evolução do conhecimento**”.

P11 argumenta que as controvérsias científicas são relevantes porque questões que passaram despercebidas podem ser percebidas por outros pesquisadores, o que impulsiona novos conhecimentos. Diz P11 que as controvérsias científicas são “relevantes para ajudar a progredir nos **avanços de conhecimentos**. Pois alguns pontos que podem passar despercebidos podem vir à tona e a procura pela elucidação desses pontos faz alavancar **novos conhecimentos**”. P10 apresenta uma interessante questão ao destacar a presença do “ego” na construção do conhecimento científico. Diz P10 “as controvérsias científicas são essenciais para o **avanço da ciência**, pois assim, os pesquisadores, **quando parcial ou totalmente despidos de seu ego**, podem enxergar os diferentes pontos de vista sobre o assunto”.

Muitas batalhas intelectuais se intensificam devido ao ego (a importância do “eu”) e podem impossibilitar um cientista de enxergar evidências contrárias, fazendo com que a visão de consenso não surja até a morte do indivíduo (FUTUYMA, 2009). E provável que a presença do **ego**, em maior ou menor intensidade, esteja sempre presente nos desacordos científicos, portanto torna-se difícil um pesquisador ser totalmente neutro (quanto ao ego) em uma controvérsia científica.

P10 diz ainda que “dessa forma a **ciência avança**, pois as controvérsias instigam os pesquisadores a buscarem **mais evidências** que embasem seus posicionamentos”. Todas essas respostas nos parecem estar de acordo, por exemplo, com Diogo Meyer e Charbel El-Hani (2005) que afirmam que sem discordância não haveria avanço no conhecimento.

P6 (qual inserimos em duas categorias) destacou a construção contínua e permanente da ciência, como atividade humana e destacou a relevância dos

desacordos científicos para impulsionar novas pesquisas e questionar “verdades” estabelecidas: “a ciência é uma atividade **humana sempre em construção** [...]. As controvérsias têm o papel de **estimular novas pesquisas** [...] confirmam ou derrubam as teorias tidas como verdades” (P6).

Seguindo esse raciocínio, o de estimular novas pesquisas, novamente citamos o biólogo Mark Ridley (2006) quando afirma que a controvérsia científica sobre as contribuições relativas da seleção natural (selecionismo) e da evolução molecular neutra (neutralismo) estimulou “um dos programas de pesquisa mais valiosos na biologia evolutiva” (RIDLEY, 2006, p.123).

P5, P8 e P9 alegam que as controvérsias científicas possuem relevância devido a sua contribuição na **construção do conhecimento**, embora P5 tenha apresentado uma resposta utilizando vários outros argumentos (destacaremos um desses). P5, além de argumentar pela construção do conhecimento, também destaca uma questão importante ao apontar que se deve “analisar ‘**quem**’, ‘**o que**’ e a ‘**pedido de quem**’ está sendo realizada a pesquisa, o experimento” (P5), ou seja, há alguma ideologia por detrás do projeto de pesquisa que está sendo solicitado? Quem financiará tais pesquisas? A pessoa física ou jurídica que financiará certas pesquisas deixará os pesquisadores livres para trabalharem como achar mais adequado ou influenciarão e até imporão condições? A coleta e a interpretação de dados sofrerão influências por aquele que está financiando as pesquisas? Essas são questões muito relevantes.

Quanto à resposta de P3 a categorizamos como “Resposta não-Satisfatória”, por considerarmos bastante confusa e não responder satisfatoriamente à pergunta. Embora, talvez ela pudesse ser inserida na primeira categoria.

Ao concluir as discussões da QF01, percebemos que as respostas, antes e depois do curso de formação continuada desenvolvido, mantiveram, no âmbito geral, a mesma (ou muito semelhante) concepção, ou seja, aquela na qual as controvérsias científicas são indispensáveis para o avanço e desenvolvimento (evolução ou aprimoramento) da ciência, através da reavaliação, revisão e reanálise de hipóteses e teorias, ao serem, as “verdades” científicas, questionadas, poderem ser derrubadas ou confirmadas (sustentadas, corroboradas), além de estimular a elaboração de melhores ou novas hipóteses, teorias e explicações. Isso parece estar de acordo com aquilo que Marcelo Dascal defende ao afirmar que “a crítica e a controvérsia são o motor do progresso do saber” (DASCAL, 2005, p.1), nesse caso,

do saber científico. Diogo Meyer e Charbel El-Hani (2005) também afirmam que sem discordância não haveria avanço no conhecimento.

Entretanto, alguns filósofos da ciência divergem sobre a ideia da existência de avanço e progresso científicos, pois para alguns deles tal avanço limita-se a um determinado contexto histórico, a uma determinada época e a uma determinada comunidade científica. O curso de formação continuada oferecido aos professores não problematizou a questão (muito discutida em filosofia da ciência) sobre a existência ou não de progresso científico e qual a compreensão de tal conceito. O objetivo essencial do curso de formação fora ensinar e discutir evolução biológica, principalmente evolução biológica humana, bem como de destacar a controvérsia científica entre Tim White e Esteban Sarmiento sobre o fóssil homínido *Ardipithecus ramidus* e sua relevância para a construção do conhecimento científico. Portanto, tal questão do progresso não será tratada nem discutida nessa dissertação (talvez apenas alguns breves comentários sejam feitos), pois os seus objetivos são outros.

A Questão Final 02 (QF02) aborda, especificamente, a controvérsia científica “White-Sarmiento” referente ao fóssil de *Ardipithecus ramidus*. Essa controvérsia foi abordada no segundo dia de curso. Trechos do documentário *Descobrimo Ardi* (2012) foram apresentados e discutidos. Slides e explicações sobre a descoberta dos fósseis também aconteceram. Trechos resumidos dos quatro artigos científicos nos quais consta a controvérsia científica foram entregues aos professores, lidos e debatidos. Sendo assim, a QF02 trata dessa controvérsia.

Quadro 10: Categorização das respostas dos professores à QF02

QF02 - À luz das discussões ocorridas durante o curso de formação e após leitura e debate dos artigos científicos publicados nas revistas Science e PNAS , qual seu posicionamento em relação à controvérsia científica estabelecida entre WHITE e SARMIENTO ? Escreva a respeito.		
CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTAS
Controvérsia científica carregada de valores	P3	Os dois contestam suas opiniões para que estas sejam aceitas, nas entrelinhas e relações de valores e ações se fazem presentes. Para eu pensar nestas duas linhas de pesquisa e levantar as hipóteses analisadas faz que aumente ainda mais a curiosidade e o esforço para entender essa dinâmica.
	P4	Cada cientista apresenta uma ideologia, enquanto White acredita que o homem, tudo o que está relacionado com o homem, é recente, evolutivamente, Sarmiento discute sobre a possibilidade do chimpanzé, características dele, serem recentes, ou seja, são duas interpretações diferentes, resultado de ideologias diferentes.

	P8	White apresenta um conjunto de evidências e argumentos que tornam coerente seu posicionamento, o que é questionado por Sarmiento quanto às metodologias de análise, bem como o acusa de uma postura antropocêntrica e ambiciosa quanto à valorização dos seus estudos. Meu posicionamento quanto a essa controvérsia é que “dados opostos formam um todo”, ou seja, apenas a oposição, divergência e confronto desses estudiosos poderia formar esse quadro completo de evidências, discussões (e acusações) que enriquece e enobrece o conhecimento científico.
Controvérsia científica não-carregada de valores	P1	A controvérsia é válida, ambos têm argumentos passíveis de serem refutados pela comunidade científica, porém White está argumentando com base na análise direta dos fósseis de Ardi e fazendo comparação com os demais já encontrados, assim acredito ser menos refutada que o posicionamento de Sarmiento.
	P2	Entendo que ainda se devem ter maiores estudos para que se possa chegar a algo mais concreto. Cada cientista tem suas convicções, porém ainda é cedo para afirmar certamente a real posição do fóssil Ardi, se é homínido ou não.
	P5	Em análise, um tanto superficial, me posiciono favorável ao pensamento de Sarmiento, mas não descarto totalmente o posicionamento de White, acredito que conforme Sarmiento, houve muita análise em partes específicas, podendo levar a uma falta de totalidade, diminuindo sua aceitação.
	P7	Não evidencio a proposta de White como verdadeira e absoluta. Ainda temos lacunas que não foram preenchidas em relação à ancestralidade do <i>Homo sapiens</i> . Sarmiento, no entanto, não apresenta argumentos e evidências, o que ocasiona a hipótese de White mais aceita no momento.
	P9	Acredito ter grande importância essa controvérsia para a ciência, pois ambos apresentam considerações plausíveis. Mas, acredito que White com seus estudos estabelece uma relação filogenética mais bem posicionada, mais consistente que Sarmiento.
	P10	Eu acho que é de grande valor, pois assim como Darwin e Wallace tinham diferentes posicionamentos sobre o mesmo tema (seleção natural) ambos conseguiram em alguns momentos construir juntos um pensamento que revolucionou a ciência. White e Sarmiento só estão contribuindo para o avanço científico e a formação de novos pesquisadores.
	P11	White me parece ter argumentos fortemente sustentáveis, ou seja, grande pesquisa em relação às evidências apresentadas, porém Sarmiento traz questionamentos também pertinentes e que devem ser levados em consideração. Precisa-se de mais e mais estudos aprofundados e também se possível, mais evidências fósseis para realmente nos posicionarmos.
Não categorizada	P6	Esse tipo de controvérsia tem apenas estímulo para meu desenvolvimento cultural, não me obrigando a um posicionamento na vida em sociedade.
		Total de sujeitos: 11
		Total de sujeitos que não responderam: 0
		Total de respostas não categorizadas: 1 (P6)

Após a análise das respostas a partir de suas unidades de significados separamo-las em duas categorias. Uma categoria enfatiza a presença de certos

valores (não-científicos, não-epistêmicos) influenciando a controvérsia científica. A outra categoria enfatiza a pequena influência de valores na controvérsia científica específica e os coloca em segundo plano (LACEY, 1998; 2003). É bem possível que existam valores em jogo, pois a própria ambição por reconhecimento científico é um valor quase sempre presente (BARBER, 1961; DASCAL, 1994; MACHAMER; PERA; BALTAS, 2000; LACEY, 1998; 2003), no entanto, nesse caso e nesse contexto, foram colocados em segundo plano. Percebemos que ao longo das discussões relacionadas à controvérsia científica White-Sarmiento alguns professores mudaram de posicionamento, enxergando maior ou menor influência de valores na polêmica científica apresentada.

O filósofo da ciência Hugh Lacey (2003), e grande estudioso do assunto, questiona se há diferenças relevantes entre valores cognitivos e valores sociais, afirmando que os valores sociais podem ter grande influência em determinados momentos da pesquisa científica. Lacey (1998), ao tratar da questão “a ciência é livre de valores”?, destaca que tal indagação compreende três componentes: *imparcialidade*, *neutralidade* e *autonomia* (discutidos no item 1.1). É necessário que sempre tenhamos em mente tais três componentes sempre que abordarmos a natureza da ciência no ensino de ciências.

Os sujeitos P3, P4 e P8 argumentaram a presença de certos valores permeando a controvérsia científica White-Sarmiento. P3 afirma que “os dois [cientistas] contestam suas opiniões para que estas sejam aceitas, nas entrelinhas e **relações de valores** [...] se fazem presentes” (grifo nosso), no entanto não especifica quais valores estariam em jogo. Já P4 atribui ideologias aos cientistas, cada um defendendo uma ideológica distinta. White teria uma **ideologia antropocêntrica** enquanto Sarmiento, não. Diz-nos P4 que

Cada cientista apresenta uma **ideologia**, enquanto White acredita que o homem, tudo o que está relacionado com o homem, é recente, evolutivamente, Sarmiento discute sobre a possibilidade do chimpanzé, características dele, serem recentes, ou seja, são duas interpretações diferentes, resultado de **ideologias diferentes** (P4, grifo nosso).

Sarmiento (2010) realmente critica White e colegas argumentando que as conclusões deles a respeito do último ancestral comum com os chimpanzés, foram aparentemente guiadas por uma interpretação evolutiva Lamarckiana da *scala naturae*, na qual chimpanzés expressam o primitivo (“inferior”) e, humanos, o

derivado (“superior”). Entretanto, Sarmiento utiliza o termo “aparentemente” fornecendo a impressão de não estar certo de sua afirmação. White, na sua resposta ao artigo de Sarmiento nada fala a respeito dessa crítica. Não obstante, White e colegas parecem afirmar exatamente o oposto daquilo que alega Sarmiento, afinal uma das conclusões cruciais das pesquisas com “Ardi” é a de que o último ancestral comum não era semelhante a um chimpanzé, ou seja, é um equívoco considerar os chimpanzés modernos como representantes semelhantes do último ancestral comum. Em artigo de 2015 (já citado nos comentários na Q115), White e equipe reafirmam que os chimpanzés não são modelos ancestrais:

Fósseis de *Australopithecus* foram interpretados [...] em uma estrutura que utilizou símios africanos vivos, especialmente os chimpanzés, como modelos para os ancestrais imediatos do clado humano. Essa projeção está agora em grande parte anulada pela descoberta de *Ardipithecus* (WHITE et al., 2015, p. 4877, tradução nossa).

P8 também alega a postura antropocêntrica de White ao nos dizer que esse cientista “é questionado por Sarmiento quanto às metodologias de análise, bem como o acusa de uma **postura antropocêntrica** e ambiciosa quanto à valorização dos seus estudos” (P8, grifo nosso). Apesar de não podermos afirmar isso, já que os dados apresentados por White são consistentes, a fala desse professor demonstra que ele está pensando o contexto da ciência de forma mais ampla e levantando hipóteses de fatores que influenciam a construção científica.

Os sujeitos P1, P2, P5, P7, P9, P10 e P11 não enfatizaram, em suas respostas, a presença de valores na controvérsia científica White-Sarmiento. Esses sujeitos destacaram, em geral, os fatores epistêmicos (científicos) do debate, ou seja, análise e comparação direta de fósseis e a necessidade de mais fósseis e mais evidências para que se possa tomar uma posição mais consistente e sustentada. Compreendemos que os valores epistêmicos - a compreensão lógica e conceitual, a discussão metodológica, o diálogo entre teoria, hipóteses e evidências - são fundamentais para a construção e sistematização do conhecimento científico (MCMULLIN, 1987; LACEY, 1998; 2003). Importante destacar a pesquisa de Gil-Perez e colaboradores (2001) a respeito das visões deformadas da ciência. Ele intitula a visão da ciência como uma atividade livre de valores de concepção “empírico-indutivista e ateórica”.

É uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas),

esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo (GIL-PEREZ et al., 2001, p.129, grifo do autor).

Ainda segundo Gil-Perez e equipe (2001), é preciso compreender o carácter social do desenvolvimento científico. Assim, o trabalho dos homens e mulheres de ciência - como qualquer outra atividade humana não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, sem que isto faça supor que se caia num relativismo ingênuo incapaz de explicar os êxitos do desenvolvimento científico (GIL-PEREZ et al., 2001).

P1 argumenta que “White está argumentando com base na análise direta dos fósseis de Ardi e fazendo comparação com os demais já encontrados, assim acredito ser menos refutada que o posicionamento de Sarmiento”. Para P2 “ainda se devem ter maiores estudos para que se possa chegar a algo mais concreto [...] ainda é cedo para afirmar certamente a real posição do fóssil Ardi, se é hominídeo ou não”. P5 se posiciona favorável a Sarmiento, no entanto ressalta algumas dúvidas: “me posiciono favorável ao pensamento de Sarmiento, mas não descarto totalmente o posicionamento de White [...] houve muita análise em partes específicas, podendo levar a uma falta de totalidade”. P7 nos traz a ideia de uma possível “verdade absoluta” na ciência paleoantropológica ao afirmar que “não evidencio a proposta de White como verdadeira e absoluta.

Ainda temos lacunas que não foram preenchidas em relação à ancestralidade do *Homo sapiens*”, e também critica Sarmiento, pois “Sarmiento, no entanto, não apresenta argumentos e evidências, o que ocasiona a hipótese de White mais aceita no momento”. A respeito do conceito de “verdade absoluta” ou “verdade natural” na ciência destacamos que, segundo os PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), foi a partir, principalmente, da década de 1980 que ao se aproximar das Ciências Sociais e Humanas, o ensino das Ciências Naturais reforçou a percepção da ciência como construção humana e não como “verdade natural”.

P9 também defende a relevância dessa controvérsia científica para a ciência e se posiciona favoravelmente a White e equipe, “acredito que White com seus estudos estabelece uma relação filogenética mais bem posicionada, mais consistente que Sarmiento”. P10 fala da importância da controvérsia científica

analisada para a construção da ciência além de citar a controvérsia científica Darwin-Wallace trabalhada no primeiro dia de curso. Darwin-Wallace discordavam em questões epistêmicas (científicas) e também em questões não-epistêmicas (não-científicas, ideológicas).

Na questão epistêmica podemos citar a controvérsia sobre a seleção sexual, na qual Darwin acreditava que em certos animais os machos tinham seus ornamentos e cores brilhantes fixados pela seleção sexual da fêmea. Wallace, por outro lado, acreditava que a seleção natural tinha operado independentemente sobre os dois sexos. No que tange a questão não-epistêmica, Darwin sustentava que o homem tinha se desenvolvido fisicamente e intelectualmente através de modificações contínuas por seleção natural de alguma forma ancestral, enquanto Wallace, apesar de concordar com ele com relação à forma física do homem, acreditava que algum agente outro que não a seleção natural, um agente espiritual, tinha trazido para dentro do ser suas qualidades morais e intelectuais (WALLACE, 2007).

Eu acho que é de grande valor, pois assim como Darwin e Wallace tinham **diferentes posicionamentos sobre o mesmo tema** (seleção natural) ambos conseguiram em alguns momentos **construir** juntos um pensamento que revolucionou a ciência. White e Sarmiento só estão contribuindo para o **avanço científico** e a formação de novos pesquisadores (P10, grifos nossos).

P11 destaca, novamente, a importância da controvérsia científica, se posiciona favorável a White, entretanto ressalta a importância das críticas de Sarmiento. Assim como P2, P11 a necessidade de mais fósseis e mais estudos para que se possa resolver a questão, no sentido de tomar uma posição mais apoiada, “precisa-se de mais e mais estudos aprofundados e também, se possível, mais evidências fósseis para realmente nos posicionarmos” (P11). Isso está em sintonia com as afirmações do paleoantropólogo Bernard Wood (2005) de que, para se reduzir as controvérsias científicas necessitamos de mais dados (mais fósseis) e de melhores análises (de fósseis já existentes e de novos fósseis).

Decidimos não categorizar a resposta de P6, pois a mesma fugiu ao escopo da questão ao afirmar que “esse tipo de controvérsia tem apenas estímulo para meu desenvolvimento cultural, não me obrigando a um posicionamento na vida em sociedade”. A resposta de P6, mesmo que ele pudesse não se posicionar, não

elencou elementos do pensamento dos autores discutidos na questão, e, portanto, não pode ser analisada.

5.1.3.2. Evolução Biológica Humana e Formação

A próxima questão (QF06) tratará da relevância do curso de formação continuada desenvolvido para os professores. Apesar de todos os professores terem afirmado que o curso fora relevante, podemos perceber que suas respostas se diferenciaram quanto ao subsídio (ou recurso) que consideraram relevantes. Alguns destacaram o conteúdo sobre a evolução biológica (chamamos de “subsídios epistêmicos”), outros a didática¹²⁵ e metodologia apresentadas (“subsídios didático-metodológicos”) e outros ainda o material pedagógico fornecido (“subsídios pedagógicos”). Dessa maneira, fora possível elaborar três categorias para essa questão. Não obstante termos agrupado as onze respostas em três categorias, é possível que algumas das respostas não se enquadrem unicamente em uma dada categoria e acabe por extrapolar para outra, pois a nossa classificação em categorias levou em conta o subsídio dominante (quando a resposta apresenta mais do que um) naquela resposta.

Quadro 11: Categorização das respostas dos professores à QF06

QF06 – A formação continuada realizada trouxe subsídios para que você possa melhor trabalhar o tema da evolução biológica humana em sala de aula? Quais foram esses subsídios?		
CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
Subsídios (Recursos) Epistêmicos	P1	Com certeza. Os principais subsídios para mim foram a exposição dos fósseis que estão sendo colocados recentemente na linha evolutiva a qual nós seres humanos pertencemos. Estas novas descobertas da ciência demoram muito para se tornarem um conhecimento acessível para o ensino, fica preso à comunidade científica por muito tempo. Identificar o fóssil de transição entre dinossauros e aves e os possíveis ancestrais comuns entre o ser humano e o chimpanzé foram conhecimentos novos para mim.
	P2	Sim, materiais para isso em atividades, vídeos e o conhecimento de termos científicos. Esclarecimentos sobre as controvérsias científicas identificadas nos textos.
	P7	Com certeza. O esclarecimento de hipóteses sobre a

¹²⁵ DIDÁTICA: a arte de bem ensinar, de transmitir conhecimentos. Arte ou técnica de ensinar (de aprender). MÉTODO: procedimento organizado que conduz a um certo resultado. Processo ou técnica de ensino. É um encaminhamento. (MINI AURÉLIO, Ed. positivo, 8ª edição, 2010, 960p.). MATERIAL PEDAGÓGICO: material destinado ao ensino-aprendizagem.

		evolução humana, a forma didática da evolução das espécies pela seleção natural em forma de arbusto, vários termos genéticos como apomorfia, plesiomorfia, cladogênese entre outros.
	P11	Sem dúvida, esse assunto agora para mim não é mais um mito ou algo místico, agora tenho algum conhecimento para melhor explicar e me posicionar em relação à evolução.
Subsídios (Recursos) Didático-Metodológicos	P9	Sim, ter mais esclarecimento na maneira de abordar a evolução humana, mostrar o parentesco evolutivo.
	P10	Certamente que sim. O curso de formação foi muito esclarecedor e didático. Os subsídios foram: retomada e explicação dos conceitos básicos do tema, atualidades e metodologia para abordar o assunto em sala.
Subsídios (Recursos) Pedagógicos	P3	Sim. Livros, filmes, atividades, debates etc.
	P4	Sim, algumas atividades e sugestões de livros e vídeos, que tornam mais evidente a evolução, a ancestralidade comum.
	P5	Sim. Esclarecimentos mais abrangentes sobre as teorias as quais em muitas vezes se completam e não se excluem. Todas as orientações, inclusive de leituras e vídeos, além das aulas práticas serão de extrema importância (minha aula será melhor).
	P6	Os materiais fornecidos certamente me auxiliarão com os alunos, para proposição de novas atividades. Novas informações sobre os genes Hox.
	P8	Sim. Principalmente os materiais, livros, artigos, textos, filmes, atividades apresentadas, analisadas e sugeridas.
		Total de sujeitos: 11
		Total de sujeitos que não responderam: 0
		Total de respostas não categorizadas: 0

Percebemos a satisfação por parte dos professores em relação ao curso de formação continuada que participaram. P1, P2, P7 e P11 destacaram o conteúdo do curso, ou seja, o conhecimento adquirido no curso, o que denominamos de “subsídio (ou recurso) epistêmico”. P1 responde que “os principais subsídios para mim foram a exposição dos fósseis que estão sendo colocados recentemente na linha evolutiva a qual nós seres humanos pertencemos” e também que “identificar o fóssil de transição entre dinossauros e aves e os possíveis ancestrais comuns entre o ser humano e o chimpanzé foram **conhecimentos novos** para mim” (P1). P2, ao responder que “sim, materiais para isso em atividades, vídeos e o conhecimento de termos científicos. Esclarecimentos sobre as controvérsias científicas identificadas nos textos” destaca a importância dos materiais (subsídio pedagógico) e também sobre os novos conhecimentos adquiridos (subsídio epistêmico), portanto essa resposta mescla características de duas categorias, tanto epistêmicas quanto pedagógicas, sendo uma interface entre as duas, portanto poderia ser agrupada em outra categoria. A resposta de P11 configura-se bastante interessante e nos diz

muito sobre a relevância do curso de formação desenvolvido: “esse assunto agora para mim não é mais um **mito** ou algo **místico**, **agora tenho algum conhecimento** para melhor explicar e me posicionar em relação à evolução” (P11).

Os professores P9 e P10 destacaram a maneira ou o como o conteúdo de evolução foi ensinado, ou seja, a didática e metodologia. A didática pode ser entendida como “a arte ou técnica de bem ensinar e transmitir conhecimentos” (MINIAURÉLIO, 2010, p.253), e o método como “procedimento organizado que conduz a um certo resultado” (MINIAURÉLIO, 2010, p.503). Dessa forma os termos método e didática acabam por se misturarem. P9 e P10 destacaram esses subsídios ao afirmarem, por exemplo, “mais esclarecimento na **maneira** de abordar a evolução humana” (P9) e “o curso de formação foi muito esclarecedor e didático. Os subsídios foram: **retomada e explicação** dos conceitos básicos do tema, atualidades e **metodologia** para abordar o assunto em sala” (P10). P10 também destaca a importância epistêmica do curso, ao afirmar que “o curso [...] foi muito esclarecedor”.

Os professores P3, P4, P5, P6 e P8 destacaram a importância pedagógica do curso de formação, ou seja, do conjunto de materiais destinado à aprendizagem (ou ensino-aprendizagem), tais como, livros, filmes, vídeos, textos, debates, figuras e artigos científicos. P5 e P6 também destacaram a importância epistêmica do curso. P5 fala sobre os “**esclarecimentos** mais abrangentes sobre as teorias” e P6 sobre as “**novas informações** sobre os genes Hox”.

Percebemos assim que, em geral, os professores concluíram como de grande valia os vídeos, os livros, artigos, as atividades práticas, os debates, as apresentações (slides) etc., como nos diz P8, “principalmente os materiais, livros, artigos, textos, filmes, atividades apresentadas, analisadas e sugeridas”. P10 comenta que “o curso de formação foi muito esclarecedor e didático. Os subsídios foram: retomada e explicação dos conceitos básicos do tema, atualidades e metodologia para abordar o assunto em sala”. “**Minha aula será melhor**” afirma P5. P2 também aborda a importância de ter aprendido termos científicos e da abordagem das controvérsias científicas: “o conhecimento de termos científicos. Esclarecimentos sobre as controvérsias científicas identificadas nos textos”.

A partir das análises das respostas, reiteramos a importância de cursos de formação continuada relacionados à evolução biológica e, principalmente, à evolução biológica humana, com o intuito de melhorar o conhecimento do professor na área e a sua prática docente, ou seja, melhor habilitá-lo para trabalhar o tema

com seus alunos no cotidiano da sala de aula contribuindo para um melhor ensino por parte do professor e uma melhor aprendizagem por parte do aluno.

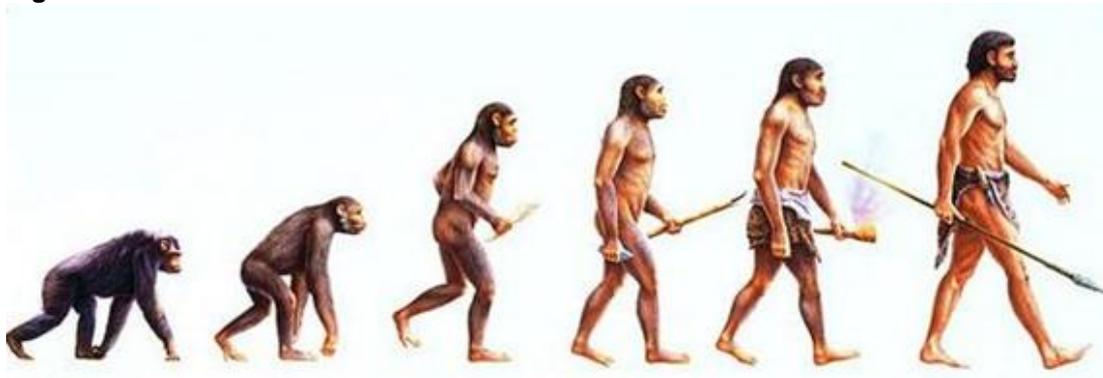
O Quadro 11 apresenta a Questão Final 08 (QF08), a qual é proposta em duas partes (ou duas perguntas). A primeira parte indaga sobre a compreensão geral de como ocorrera a evolução biológica humana, se de maneira linear (conforme a Figura a) ou de maneira ramificativa (conforme a Figura b). A segunda parte solicita que o professor explique (ou justifique) porque escolheu a Figura a ou a Figura b. Todos os 11 professores (P1 a P11) responderam que a Figura b representa mais corretamente a evolução biológica humana e, portanto, todos rejeitaram a Figura a como tal representação. Entretanto, divergiram na justificativa do porque escolheram a Figura b. Alguns explicando de maneira correta (a maioria), outros de maneira incorreta, confusa ou obscura.

Enquadramos as 11 respostas em 3 categorias. As respostas que utilizaram o argumento da evolução não linear foram agrupadas na categoria “Figura b, evolução não linear”; as respostas que utilizaram o argumento da presença dos ancestrais foram agrupadas na categoria “Figura b, presença dos ancestrais”; outras respostas foram agrupadas na 3ª categoria, “Figura b, explicação não satisfatória”, pois apesar de afirmarem corretamente que a Figura b representa melhor a evolução biológica humana, a explicação do porque dessa escolha é incorreta ou confusa.

Quadro 12. Categorização das respostas dos professores à QF08

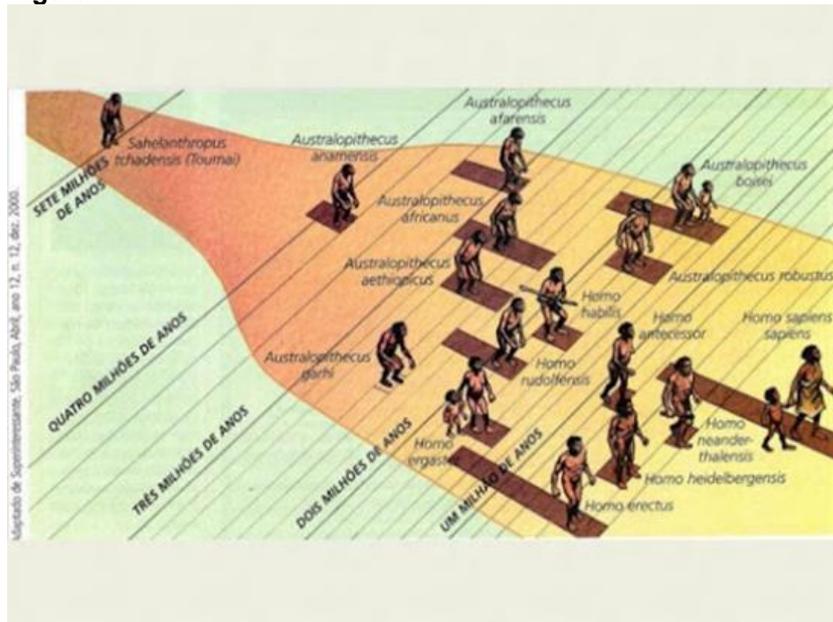
QF08 - Observe e analise as duas figuras abaixo (Figura a e Figura b). Qual delas representa mais corretamente a evolução biológica humana? Explique porque chegou à conclusão que chegou.

Figura a



Fonte: <http://veja.abril.com.br/noticia/saude/papel-carne-evolucao-humana> Acesso em 31 out 2014

Figura b



Fonte: <http://pt.slideshare.net/vitoriacancelli/lbum-de-imagens-4-evoluo-humana> Acesso em 31 out. 2014

CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
<p>Figura b, evolução não linear</p>	P2	Letra b: pois a letra a representa uma evolução linear, e pelos vestígios de fósseis sabemos que não foi isso o que aconteceu. O ser humano tem ancestral comum com os símios (representado em b).
	P4	A figura B, pois os seres vivos evoluem de forma gradual, originando vários outros seres vivos e não de forma linear, como demonstrado na figura A.
	P5	Figura B. De acordo com o estudo dos fósseis estudados e a análise de cada característica possível de ser estudada onde a forma de ramificação (arbusto) fica mais evidente, de acordo com as semelhanças no decorrer dos anos.
	P8	Figura b. A Evolução Humana não foi linear, como dá a entender a figura anterior [figura a] e a nossa relação de ancestralidade com os símios é muito mais completa do que aquela evidência.
	<p>P10</p> <p>P11</p>	<p>Figura B. A evolução do homem não é de forma linear.</p> <p>Figura “b” primeiramente porque entendi que a evolução aparentemente ou indícios apontam que a mesma não ocorreu linearmente, ou seja, a ramificação de como tudo pode ter ocorrido me parece a mais plausível. A figura a me levava a entender que um macaco se tornaria um humano, mas isso não me convencia e eu ficava envergonhada não por preconceito, mas por falta de prova, em levar isso adiante.</p>
<p>Figura b, presença dos ancestrais</p>	P1	A figura B indica a evolução humana. Concluo isto porque a figura A apresenta a ideia que o macaco se transformou no ser humano e na figura B está sendo apresentada a evolução de forma gradativa e apresenta os possíveis ancestrais dos quais surgiram novas espécies até chegar na espécie humana.
	P7	A figura b que apresenta a possível hipótese de evolução da espécie humana que apresentará um ancestral comum com os primatas quadrúpedes.

Figura b, explicação não satisfatória	P3	Figura b – pela divisão cronológica da história da evolução.
	P6	A figura b, que melhor combina a teoria de C. Darwin com as descobertas mais recentes.
	P9	A figura B, pois está melhor representada a evolução humana devido à datação, aos representantes e suas modificações sofridas ao longo do tempo.
		Total de sujeitos: 11
		Total de sujeitos que não responderam: 0
		Total de respostas não categorizadas: 0

Dos 11 professores, seis (P2, P4, P5, P8, P10, P11) responderam que escolheram a Figura *b* como mais corretamente representativa da evolução biológica humana pelo fato dela apresentar a evolução de forma ramificada e não linear e, conseqüentemente, pelo fato da Figura *a* representar a evolução de maneira linear. Dessas 6 respostas, apenas P5 não utilizou o termo “linear” ou “linearmente”, no entanto justificou sua escolha pela Figura *b* argumentando que em tal figura “a forma de ramificação (arbusto) fica mais evidente” (P5), o que está correto. P8 nos diz: “A Evolução Humana **não foi linear**, como dá a entender a figura anterior [Figura *a*]”. A resposta de P10 é objetiva e concisa afirmando que “a evolução do homem não é de forma **linear**”. Algumas respostas também citaram, além do conceito de linearidade, a presença do ancestral comum na Figura *b* como P2 ao afirmar que “a letra [Figura] *a* representa uma evolução **linear**, e pelos vestígios de fósseis sabemos que **não foi isso o que aconteceu**. O ser humano tem **ancestral comum** com os símios (representado em *b*)” (P2, grifos nossos).

Os professores P1 e P7 justificaram a escolha pela Figura *b* utilizando o argumento da presença dos ancestrais e não abordam em nenhum momento o argumento da não linearidade da evolução. P1 afirma que “A figura B indica a evolução humana”. Em seguida explica como chegou a essa conclusão: “Concluo isto porque a figura A apresenta a ideia que o macaco se transformou no ser humano e na figura B [...] apresenta os **possíveis ancestrais** dos quais surgiram novas espécies até chegar na espécie humana” (P1). A resposta de P7 usa um argumento semelhante ao dizer que “A figura *b* que apresenta a possível hipótese de evolução da espécie humana que apresentará um **ancestral comum** com os primatas quadrúpedes” (P7). Ao olharmos para a Figura *a* não é possível derivar a ideia de ancestrais comuns, pois para conseguirmos desenvolver essa concepção é necessária a ideia da ramificação ou diversificação em populações ou grupos. A Figura *a* não fornece essa possibilidade.

Sendo assim, a resposta que poderíamos sugerir como a mais adequada seria aquela que argumentasse no sentido de que **a evolução é ramificativa (e não linear), bem como ocorrendo através de ancestralidade comum populacional.**

As respostas de P3, P6 e P9, apesar de escolherem corretamente a Figura b, não explicaram adequadamente do porque chegaram a essa escolha. P3 utilizou um argumento temporal: “pela divisão cronológica da história da evolução”. P6 tentou argumentar de que seria a Figura b, pois ela “melhor combina a teoria de C. Darwin com as descobertas mais recentes” e P9 utilizou também argumentos de tempo, a datação (assim como P3), além de citar os “representantes” e as modificações desses representantes ao longo do tempo. Faremos três considerações sobre essas três respostas que consideramos não satisfatórias. Primeiro, percebemos que P3 e P9 utilizaram o argumento do tempo (cronologia – P3 e datação – P9). É provável que eles tenham sido influenciados na medida em que a Figura b possui o tempo (em milhões de anos) nela identificado e a Figura a, não. Isso pode ter induzido a resposta à Figura b, mas apesar da Figura a não ter nela a identificação de datas (em milhões de anos) não há como inferir o tempo transcorrido da transformação do macaco em homem representado na Figura a, poderia ser o mesmo tempo identificado na Figura b. Segundo, P9 utiliza o termo “representantes” (e suas modificações). Parece-nos que tal termo poderia estar relacionado aos ancestrais comuns, entretanto a resposta ficou um tanto confusa. Terceiro, a resposta fornecida por P6 não responde a indagação do porque escolhera a Figura b, pois qual seria a teoria de C. Darwin? Tal teoria estaria correta? Quais seriam as descobertas mais recentes?

Ainda uma última discussão para finalizar a QF08. Os professores P11 e P1 argumentaram: “a figura a me levava a entender que um macaco se tornaria um humano, mas isso não me convencia” (P11). P1 argumentou que “a figura A apresenta a ideia que o macaco se transformou no ser humano”. Os professores P11 e P1 utilizaram o argumento do “macaco se transformando em humano” como algo equivocado e fora um dos motivos que os levava a rejeitar a Figura a e escolher a Figura b. Entretanto, a ideia de que “o macaco se transformou em humano” ou “o homem surgiu do macaco”, dependendo da interpretação que se dá, é correta, afinal se voltarmos no tempo cerca de 23 milhões de anos no início do Mioceno (23,3 - 5,2 milhões de anos atrás) e observássemos a população de primatas que começou a se divergir para originar os homínídeos chamaríamos de macacos. Ou então, se

voltarmos 6 a 7 milhões de anos e pudéssemos vislumbrar a população ancestral dos grandes símios africanos (chimpanzés e bonobos) e dos hominídeos talvez a chamássemos de macacos, de grandes macacos, macacos antropoides (antropomorfos), primatas antropoides, símios (monos) ou grandes símios¹²⁶. **O que não está correto é a visão linear e rápida da evolução** (como a Figura a dá a entender), pois o “macaco se transformou em humano” através de populações ancestrais que se divergiram, ou se **ramificaram** (como uma **árvore** ou um **arbusto**), ao longo do tempo, de muito tempo, ou seja, ao longo de milhões de anos e não de centenas ou milhares. Através da **visão ramificativa e arbustiva da evolução**, conseguimos compreender melhor a ideia dos famosos “elos perdidos” (*missing links*). Tais “elos perdidos” são chamados tecnicamente de “formas transicionais¹²⁷”, evidências de macroevolução. Há muitos “elos perdidos” encontrados.

É indispensável que essa questão do “homem surgir do macaco” fique esclarecida ao professor para que ele possa ensiná-la adequadamente e a evolução corretamente compreendida. Uma das atividades ao longo do curso de formação desenvolvido abordava a questão “afinal, viemos ou não do macaco?”. Tal questão foi escrita no quadro e, para os professores (participantes) foram entregues três respostas possíveis para que cada um escolhesse aquela (ou aquelas) que respondesse à indagação. As três respostas foram: 1. Não! Claro que não! 2. Sim! Claro que sim! 3. A pergunta está mal formulada. Somos macacos! Cada uma delas foi discutida (não de maneira aprofundada, mas que esclarecesse a questão tão mal entendida de “se viemos ou não dos macacos”). E, portanto, percebemos que após o curso de formação os professores conseguiram responder e interpretar mais adequadamente as imagens fornecidas pela QF08 (muito semelhante à QI15) o que sugere a aprendizagem auferida durante essa formação. Dessa forma, entendemos que tratar dessa questão é pedagogicamente necessário.

A Questão Final 09 (QF09) é uma questão semelhante à QF06, pois aborda a qualidade do curso de formação oferecido, no entanto fornece um enfoque mais amplo e geral para a resposta, como uma forma de complementar ou completar a

¹²⁶ Em geral (ou quase sempre) os pesquisadores da área não utilizam o termo “macacos” (nem “grandes macacos”) ao se referirem aos símios (monos) e aos humanos (que também são símios). Eles utilizam os termos “símios”, “grandes símios”, “monos”, “primatas antropoides”, “primatas antropomorfos”. No inglês há diferença entre “monkey” (macaco) e “ape” (símio).

¹²⁷ Forma transicional não é sinônima de forma ancestral.

QF06. Percebemos que no geral os professores ficaram satisfeitos com o curso, entretanto alguns destacaram a necessidade de mais atividades práticas para realizar em suas aulas.

Quadro 13. Categorização das respostas dos professores à QF09

QF09 - Faça uma avaliação crítica da formação continuada desenvolvida. O que poderia ser modificado para uma próxima formação sobre o assunto.		
CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
Formação Relevante	P1	O curso foi bom, poderia ser mais extenso, por exemplo, 3 ou 4 finais de semana, para podermos nos aprofundar mais sobre os tópicos discutidos.
	P6	Não há críticas, apenas uma sugestão para que houvesse mais dias e novas informações.
	P7	O conteúdo trabalhado é de grande importância e raramente encontramos capacitações nessas áreas. O professor apresentou domínio completo do conteúdo e vasto conhecimento. Quem sabe se tivéssemos mais um momento, poderíamos aprofundar mais as discussões e o assunto.
	P8	Direcionar mais as discussões à específica temática de análise. Condensar mais as informações para um maior avanço nas atividades. Apenas ideias... no mais estava estupendo.
	P10	O curso foi ótimo! Pontualidade, clareza, profundidade de conhecimento, professor muito preparado e conhecedor do tema, didática excelente (vídeos, slides, textos). Adorei!
	P11	Talvez eu não saiba avaliar, mas minha opinião é que essa formação foi completa e agradável. Não sei se o assunto é bastante pertinente, mas acredito que o orador foi exímio tendo a sensibilidade de compreender que a diversificação da forma de apresentar o conteúdo é importante assim como a forma imparcial de apresentar o conteúdo foi deveras esplêndido.
	P5	Apenas a utilização de vídeos após o intervalo (no período da tarde), muito sono considerando o curso ser aos sábados após semanas esgotantes.
Formação Relevante, mas faltaram atividades práticas	P2	Foi muito produtivo para aumentar nosso entendimento sobre Evolução e como sugestão acho que poderia apresentar atividades práticas que possam se realizadas em sala para o entendimento dos alunos.
	P4	Acredito que a grande necessidade que os professores da rede pública apresentam é a acessibilidade à materiais mais lúdicos, práticos. Acredito que faltaram sugestões para trabalho em sala de aula.
	P9	Foi de bom proveito devido ao conhecimento construído nos dois encontros, os textos apresentados, o material enviado por e-mail, as figuras didáticas para colorir. O que poderia ser modificado: atividades mais práticas, como modelos para se trabalhar em sala de aula as questões sobre a evolução humana; mais dias de curso, pois há muito assunto.
		Total de sujeitos: 11
		Total de sujeitos que não responderam: 1 (P3)
		Total de respostas não categorizadas: 0

Decidimos propor duas categorias, a categoria “Formação Relevante” abrangeu as respostas que afirmam a relevância do curso de formação e não ressaltaram a necessidade de mais atividades práticas ou sobre a escassez dessas atividades. Por exemplo, P8 sugeriu “direcionar mais as discussões à específica temática de análise” e também “condensar mais as informações para um maior avanço nas atividades”; P5 reclamou da apresentação de vídeo-documentário (*Descobrimo Ardí*) após o almoço e reclamou de semanas esgotantes. P1, P6, P7, P10 e P11 não fizeram reclamações, mas sugeriram mais dias de curso para aprofundar o conteúdo (P1, P6 e P7). A outra categoria, “Formação Relevante, mas faltaram atividades práticas”, abrangeu os professores P2, P4 e P9 que reclamaram a falta ou a necessidade de mais atividades práticas. P2, por exemplo, afirma que o curso “foi muito produtivo para aumentar nosso entendimento sobre Evolução”, no entanto “poderia apresentar atividades práticas que possam se realizadas em sala para o entendimento dos alunos”. P4 evidencia mais essa questão: “acredito que a grande necessidade que os professores da rede pública apresentam é a acessibilidade a materiais mais lúdicos, práticos” e conclui “acredito que faltaram sugestões para trabalho em sala de aula”. P9 ressalta a relevância do curso, dos materiais e das atividades realizadas e também sugere mais dias de curso e destaca a questão das atividades práticas ao argumentar que “o que poderia ser modificado: atividades mais práticas, como modelos para se trabalhar em sala de aula as questões sobre a evolução humana” (P9).

Os comentários, sugestões e reclamações dos professores devem ser analisados para quando se elaborar cursos de formação continuada que serão oferecidos à rede pública contemplem suas ideias. Algumas atividades práticas foram desenvolvidas. Uma atividade prática (a *Atividade 6* na sequência didática) chamada “Montando uma Filogenia de Hominídeos no Chão da Sala de Aula”, fora elaborada especificamente para ensinar evolução biológica humana, entretanto por falta de tempo, não foi aplicada como o previsto, no entanto foi explicada, o material a ser utilizado foi apresentado, além de enviada por e-mail todo o material e a explicação de como utilizá-la em sala de aula. Obviamente que apenas uma explicação de uma atividade prática é insatisfatória, ela deve ser aplicada e não apenas explicada.

Destacamos um comentário de P11 sobre a questão didático-metodológica para concluir essa discussão que pensamos ser importante. P11 afirma em relação

à maneira de ensinar que “a **diversificação da forma de apresentar o conteúdo é importante**”. Essa alegação configura-se de grande importância, pois ao diversificar e plurificar o fator didático-metodológico abrem-se maiores possibilidades de aprendizagem, o que é comum no sistema educacional finlandês, por exemplo. Muitas pesquisas têm mostrado que utilizar apenas aulas tradicionais (em formato de palestra) para ensinar não são muito eficientes.

Uma pesquisa recente realizada por pesquisadores norte-americanos, e liderada pelo biólogo Scott Freeman, intitulada *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics (Aprendizagem ativa aumenta o desempenho dos estudantes em ciência, engenharia e matemática)* defende, pautada em dados empíricos, que é necessário substituir, pelo menos em parte, as aulas em formato de palestra por aulas de *aprendizagem ativa*, onde o aluno tem mais espaço para protagonizar¹²⁸, ser um participante ativo, e menos espaço para ser apenas um ouvinte. Com isso as taxas de falhas e de reprovação em exames diminuem, pois a eficiência da aprendizagem aumenta (FREEMAN et al, 2014, tradução nossa). Mesmo que as aulas continuem sendo ministradas em formato de palestra é necessário que haja uma maior interação e integração do aluno à aula.

A QF10 propôs aos professores participantes que escrevessem aquilo que pensassem ser oportuno e pertinente, ou que também não escrevessem nada se assim julgassem o mais adequado, a respeito do curso oferecido, de sua formação inicial ou de seu trabalho nas escolas etc. Nessa questão decidimos não elaborar categorias pelo fato de ser uma questão bastante ampla e livre para o professor expor aquilo que pensasse ser importante. Dos 11 participantes, 6 responderam.

Quadro 14. Respostas dos professores à QF10

QF10 - Essa é a última questão. Essa é uma questão livre onde você poderá comentar e escrever o que pensa ser necessário (e também poderá não escrever nem comentar nada) a respeito da sua formação acadêmica e de sua vivência e prática na sala de aula. Sinta-se a vontade e muito obrigado.	
SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
P4	Minha formação acadêmica em relação à evolução e, mais especificamente, evolução humana foi muito superficial, de forma que apresento um pouco de dificuldade. Em sala de aula, pode ser pela falta de maturidade ou outro fator, os alunos não interessam-se muito pelo tema, apresentam dificuldades

¹²⁸ Quando falamos em protagonizar não há qualquer relação com teatro ou algo do gênero, apenas queremos dizer que o aluno se tornará mais ativo e menos passivo.

	também, por esse fato e pela questão de tempo, o tema também é abordado muito superficialmente.
P5	A formação acadêmica foi muito proveitosa nesse assunto, a maior dificuldade foi ter trabalhado a disciplina em 2008, pois era PSS ¹²⁹ e só conseguia lecionar Química, o que acabou ficando desatualizado.
P6	Penso que tenho uma boa base de conhecimentos sobre o assunto, mas a falta de curiosidade dos alunos me desanima. Além desses materiais que estou levando, também já consegui outros (em forma de jogos) e espero conseguir resultados diferentes dos anteriores.
P8	Um tema que tenho muita simpatia, melhor dizendo, beira a paixão, quero mais!
P10	Preciso estudar muito mais! Após o curso fiquei mais tranquila. Gostaria de ser comunicada para os próximos (se tiver).
P11	Nunca falei sobre esse assunto em sala de aula. Não houve necessidade. Possivelmente sem essa formação continuada eu teria imensos problemas e dificuldades em expor esse conteúdo. Agora me sinto mais preparada, mas preciso sem dúvida me aprofundar mais.
	Total de sujeitos: 11
	Total de sujeitos que não responderam: 5 (P1, P2, P3, P7 e P9)
	Total de respostas não categorizadas: 0

P4 destaca alguns obstáculos no que tange ao ensino de evolução. Ressalta, por exemplo, que sua formação em evolução na graduação (formação inicial) fora superficial demais e na sala de aula fatores como desinteresse por parte dos alunos e falta de tempo leva o tema ser abordado superficialmente. P5 também destaca a falta de curiosidade por parte dos alunos, mesmo afirmando ter um bom conhecimento básico a respeito do tema e espera, através da formação continuada oferecida, aliada a alguns jogos relacionados ao tema, obter resultados de aprendizagem diferentes. P8 enfatiza sua simpatia e paixão pelo tema. P10 reconhece que precisa estudar mais o tema, mas afirma estar mais tranquila após o curso de formação e solicita para que seja avisada quando outros cursos forem oferecidos. P11 também destaca que, apesar do curso fazê-la se sentir mais preparada para a sala de aula, ressalta precisar estudar mais.

Percebemos, e enfatizamos, novamente, a maior importância que deve ser dada à biologia evolutiva (geral e humana) no currículo da formação inicial, e, conseqüentemente, em cursos de formação continuada, afinal os professores da educação básica possuem muitas dificuldades em tratar o tema na sala de aula, mesmo a biologia evolutiva no geral (sem considerar a evolução humana). Apesar de destacarmos nesse trabalho de pesquisa a importância urgente de se abordar a evolução humana nos cursos de formação inicial e continuada, também afirmarmos

¹²⁹ A sigla PSS significa "Processo Seletivo Simplificado". Um professor PSS é aquele que não é concursado no cargo, mas apenas contratado temporariamente (por 1 ano).

(assim como muitos outros pesquisadores já citados anteriormente) que à evolução biológica geral deve ser conferida maior atenção.

As informações fornecidas pelos professores na QF10 são importantes para sabermos o que os professores estão pensando a respeito do tema, de sua formação profissional inicial (e continuada), de suas dificuldades em sala de aula e suas sugestões para que se possam propor ações mais efetivas compatíveis com as **necessidades reais** do seu cotidiano escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista dos argumentos apresentados, concluímos e entendemos que ensinar biologia e ciências utilizando interações polêmicas (controvérsias científicas) pode constituir-se em ótima ferramenta pedagógica para apresentar a história da ciência, seja na abordagem inclusiva (*add-on approach*) seja na integrada (*integrated approach*), e sua natureza, uma vez que a atividade científica é permeada por conflitos e batalhas intelectuais, além de serem, as controvérsias científicas, o contexto dialógico natural em que se elaboram as teorias e se constitui progressivamente seu sentido. É no meio dessas controvérsias que emerge o conhecimento organizado. Apresentar essa imagem científica pode melhorar a compreensão dos estudantes em relação ao modo de trabalho interno da ciência, dentro das comunidades científicas, evidenciando seu caráter competitivo, mas também coletivo e cooperativo.

Além disso, pelo fato de nos depararmos com ideias discordantes, o estudo das interações polêmicas auxilia na prevenção da doutrinação de uma única ideia e, por estimular a análise das argumentações, pode estimular o raciocínio, na medida em que as interações polêmicas podem apresentar-se sob muitas diferentes maneiras, além de manter maior ou menor ligação com o contexto histórico-cultural da sociedade onde estão inseridas, afinal o empreendimento científico não se trata de algo independente do meio social, autônomo e imune à influência externa e neutro às várias disputas que envolvem a sociedade. No momento em que os fatores epistêmicos (científicos) são deixados em segundo plano e os fatores não-epistêmicos (não-científicos), tais como, preferências políticas, culturais, sociais, religiosas, enfim, ideológicas e questões de valor, são o mote e a razão da discordância, a resolução da polêmica se torna difícilíssima, se não impossível. Daí a relevância das controvérsias científicas para a ciência e para o ensino de ciências, pois nelas podemos perceber a racionalidade ou a irracionalidade da construção do conhecimento científico.

Realizou-se em primeiro lugar uma revisão de literatura na qual apresentamos algumas definições e discussões sobre ciência fornecidas por alguns cientistas. Escrevemos também, brevemente, sobre a relação entre ciência e sociedade, bem como sobre o debate realismo científico *versus* antirrealismo científico. Em seguida escrevemos sobre as interações polêmicas (controvérsias

científicas) na história da ciência, seu papel na atividade científica, bem como as possíveis origens e resoluções de tais polêmicas. Apresentamos posteriormente as concepções do filósofo Marcelo Dasgal, um especialista na área, sobre as interações polêmicas. Também desenvolvemos algumas linhas para discutir as ideias contraditórias sobre a “ciência normal” segundo Dasgal e segundo Thomas Kuhn. Adiante passamos a discorrer a respeito das polêmicas no campo da paleoantropologia e nos dedicamos à questão de *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”). Em seguida discutimos a importância do ensino de evolução biológica e a formação continuada de professores. Terminamos realizando as análises dos dados obtidos durante o curso de formação ofertado aos professores de ciências e biologia da rede básica pública.

A interação polêmica (controvérsia científica) na qual nos debruçamos e analisamos, segundo os critérios do filósofo Marcelo Dasgal (1994; 2005; 2006), fora uma polêmica no âmbito da evolução biológica humana referente à descoberta do fóssil homínido *Ardipithecus ramidus*, e fora chamada de “Interação Polêmica White-Sarmiento” ou “Controvérsia Científica White-Sarmiento”, pois envolvia dois paleoantropólogos, Tim White (e sua equipe) e Esteban Sarmiento. Seguindo os critérios estabelecidos por Dasgal (1994; 2005; 2006), e segundo nossa interpretação desses critérios, poderemos considerar os termos **controvérsias científicas** (comumente utilizado pelos cientistas) e **interações polêmicas** (utilizado por Dasgal) como sinônimos ou com significados muito próximos, e que podem ser classificados em três tipos: *disputa*, *controvérsia* e *discussão*. A Interação Polêmica White-Sarmiento poderia, portanto, segundo nossa análise, ser chamada de *Discussão White-Sarmiento*, pois parece se adequar melhor aos critérios (segundo Dasgal) para esse tipo de polêmica, isto é, o tipo dominante dessa polêmica parece ser o tipo *discussão*. Há também características do tipo *controvérsia* e do tipo *disputa*. Alguns critérios do tipo *controvérsia* estão presentes e também menos do tipo *disputa*, mas em menor intensidade do que o tipo *discussão*. Dessa maneira, afirmamos, mais uma vez, a necessidade de se ter em mente que em uma polêmica científica, segundo Dasgal (1994), sempre os três tipos estão presentes, evidenciando-se um ou outro em maior ou menor intensidade e demonstrando que fatores não estritamente científicos permeiam a elaboração das teorias científicas, podendo influenciar direta, ou indiretamente, as pesquisas, os resultados e as interpretações dos cientistas.

Os achados de *Ardipithecus ramidus* são importantes, pois têm estimulado a paleoantropologia a revisar algumas hipóteses, razoavelmente bem estabelecidas, a respeito das origens humanas, ou seja, tais pesquisas parecem resultar em “anomalias” e em um período de “crise”, segundo os conceitos do filósofo Thomas Kuhn (1998), dentro da ciência normal. No entanto, para Marcelo Dascal (1994), as interações polêmicas não são “anomalias” ou períodos de “crise”, mas o estado “normal” ou “natural” da ciência.

O trabalho empírico envolveu a coleta de dados a partir das respostas fornecidas pelos professores a dois questionários, um inicial e a um final. O questionário inicial fora aplicado antes do início do curso de formação continuada desenvolvido sobre evolução biológica e o questionário final após o término do curso. Além dos questionários, coletamos dados a partir de algumas discussões relacionadas à polêmica White-Sarmiento sobre *Ardipithecus ramidus* ocorridas durante o curso. Uma vez que o curso foi filmado, algumas falas dos professores foram transcritas, analisadas e discutidas. Nem todos os dados obtidos ao longo do curso desenvolvido de formação continuada foram utilizados para essa dissertação, apenas aqueles mais relevantes.

Apesar de talvez concedermos ligeiramente maior destaque, nesse trabalho, ao termo “interações polêmicas”, no âmbito da pesquisa empírica com os professores utilizamos apenas o termo “controvérsia científica”, pois esse foi o termo utilizado nos questionários de coleta de dados (e durante o curso de formação desenvolvido) e trata-se do termo comumente usado pelos cientistas.

A partir desse estudo empírico podemos fazer algumas afirmações: com relação às concepções dos professores referentes ao papel das controvérsias científicas na ciência, tomando como exemplo o caso de *Ardipithecus ramidus*, percebemos que tanto antes quanto depois do curso de formação desenvolvido, os professores argumentaram que tais desacordos científicos são importantes para o avanço e desenvolvimento do conhecimento científico (da ciência), pois estimulam novas pesquisas, novos campos de trabalho, investigação adicional e podem corroborar ou refutar certas teorias tidas como “verdades” até o momento. Essa percepção está em acordo com o pensamento do filósofo Marcelo Dascal (2005) quando afirma esse que a crítica e a controvérsia são o motor do progresso do saber (nesse caso, do saber científico) e também com Diogo Meyer e El-Hani (2005) quando defendem que sem discordâncias não haveria avanço no conhecimento.

Entretanto, outros filósofos da ciência, tais como Thomas Kuhn, têm concepções diferentes a respeito da ideia de avanço e progresso científicos, pois para eles não haveria, necessariamente, um avanço, afinal esse limitar-se-ia a um determinado contexto histórico e a uma determinada época e comunidade científica.

Para a resolução da controvérsia científica White-Sarmiento alguns professores defenderam a ideia de que é necessário escavar mais para desenterrar mais fósseis, isto é, obter mais dados empíricos. Outro professor escolheu não se posicionar e buscar alternativas, que seriam ou se manter em suspenso ou tentar unir os dois lados da polêmica. Outro ainda defendeu a ideia de revolução científica (mudança de paradigma) devido às pesquisas com “Ardi” estarem desafiando hipóteses, há tempo, bem estabelecidas, tais como a da savana e a do ancestral chimpanzé-semelhante. Alguns professores defenderam a possibilidade de chegar a uma resposta certa ou a uma verdade aproximada para a polêmica e outros discordaram dessas ideias.

Alguns professores perceberam a presença de valores e ideologias no debate, podendo tornar tal debate carregado de valores (culturais, sociais, políticos) e não estritamente científicos. É de grande relevância identificar tais valores, pois podem influenciar nas argumentações e até determinar a origem e o encerramento da controvérsia. A interpretação dos dados pode sofrer influência dos valores e desejos do cientista e da comunidade na qual está inserido. A respeito desses valores, um professor afirmara que isso acontece porque os cientistas também são seres humanos, uma alegação relevante que nos lembra para que não ensinemos, nas nossas aulas de ciências e biologia, uma imagem do cientista como alguém imune às paixões que afetam as pessoas e que está acima do bem e do mal. Essa concepção se faz importante para transmitirmos uma visão humanizada da ciência.

Percebemos também que as respostas para algumas questões similares (Q115 e QF08, por exemplo), ao serem comparadas antes e depois do curso de formação desenvolvido, foram mais adequadas e satisfatórias após o curso, sugerindo que uma melhor compreensão do processo evolutivo humano ocorrera.

O curso desenvolvido de formação docente continuada teve, como objetivo maior, desde os primeiros momentos da sua concepção, contribuir para uma melhoria da qualidade de ensino na sala de aula através da melhoria das competências, habilidades e do conhecimento do professor sobre evolução biológica humana. Utilizar um exemplo de controvérsia científica na evolução humana, como

ferramenta pedagógica, auxiliou na compreensão do dinâmico processo de construção, desconstrução e reconstrução, do conhecimento científico nessa área (e também em outras). A maneira diversificada e plural no âmbito didático-metodológico de apresentar o conteúdo pode possibilitar uma maior aprendizagem.

A indagação inicial levantada nesse trabalho constituiu-se no seguinte problema: através de uma sequência didática pautada na evolução biológica humana enfatizando suas controvérsias científicas, aplicada em curso de formação continuada, conseguiríamos contribuir para uma melhoria do conhecimento do professor da rede básica nessa área, bem como muni-lo e auxiliá-lo para a melhoria da sua prática docente? Através da análise e discussão dos dados obtidos esperamos que a indagação acima possa ser respondida afirmativamente.

Os professores afirmaram estarem satisfeitos com o curso desenvolvido, e isso parece ter ficado bem estabelecido nas respostas obtidas através do questionário final, embora façam alguns apontamentos importantes para serem analisados e refletidos no momento da elaboração de cursos de formação continuada na área. A relevância do curso, de acordo com os professores, se deu em decorrência do fato de que muitas dúvidas e dificuldades conceituais foram resolvidas, e porque o curso preencheu, pelo menos parcialmente, as lacunas deixadas pela formação inicial, na área específica abordada, o que esperamos que ajude a melhorar a sua prática na sala de aula.

Muitos professores não tiveram aulas sobre evolução biológica humana na sua formação inicial e, portanto, pouco conhecimento possuíam sobre o assunto, e aqueles que as tiveram (exceto um, aparentemente) alegaram tê-las de maneira muito superficial e breve, pois não havia (e não há) essa disciplina no currículo. Dessa maneira, pensamos ser de máxima urgência e relevância se propor, ao menos, uma disciplina eletiva (optativa) que aborde a evolução biológica humana. No entanto, o ideal seria constar tal conteúdo, ou disciplina específica, no currículo regular da Graduação em Ciências Biológicas, isto é, uma disciplina obrigatória. Além dessa sugestão para resolver o problema da formação inicial, configura-se também, de máxima urgência, o oferecimento de cursos de formação continuada sobre evolução biológica humana, para os docentes já inseridos nas escolas.

Apesar do destaque que concedemos à evolução biológica humana nessa dissertação, queremos enfatizar também que se faz necessário conceder maior importância à evolução biológica geral no currículo da formação inicial e,

conseqüentemente, em cursos de formação continuada, afinal para melhor compreender a evolução humana é necessário bem compreender princípios básicos da evolução. Além disso, os professores da educação básica possuem muitas dificuldades em tratar do tema (mesmo a evolução biológica geral, sem considerar a evolução humana) em sala de aula, constatação já apresentada por muitos outros pesquisadores (já citados anteriormente).

Cursos de formação continuada não deveriam ter como objetivo principal “tapar buracos”, isto é, preencher lacunas e corrigir falhas deixadas pela formação inicial, mas o aperfeiçoamento do professor e a melhoria de suas habilidades intelectuais, didático-metodológicas e pedagógicas. Naturalmente, não há nem como “ensinar tudo” (e talvez isso nem seja necessário) nem como “aprender tudo” o que é ensinado, entretanto alguns conteúdos parecem ser mais importantes do que outros, para a formação tanto do biólogo quanto do professor de biologia e ciências. No entanto, no caso da biologia evolutiva, e mais ainda no da biologia evolutiva humana, a formação continuada terá que perseguir esses dois objetivos (preencher lacunas e aperfeiçoamento). Seguindo esse caminho, e ao longo do tempo, tanto os atuais quanto os futuros professores de biologia e de ciências, deverão ter uma formação satisfatória em biologia evolutiva humana e se tornarão habilitados na área para, além de compreenderem adequadamente as próprias origens, ensinar aos seus alunos da educação básica melhorando, dessa forma, um pouco que seja (embora não o suficiente), a qualidade do ensino brasileiro em biologia e ciências.

Este estudo apresenta algumas falhas ou limitações como, por exemplo, a não aplicação (embora tenha sido apresentada e explicada) de uma atividade prática importante – “Montando uma Filogenia de Hominídeos no Chão da Sala de Aula” – sobre evolução biológica humana para que os professores pudessem, além de melhorarem sua compreensão sobre o processo ramificativo (não linear) da evolução humana, aplicá-la em sala de aula com seus alunos. Talvez uma outra limitação tenha sido abordar a controvérsia científica White-Sarmiento no curso de formação sem apresentar e utilizar, na discussão com os professores, os critérios estabelecidos por Marcelo Dascal, uma vez que esses critérios foram utilizados para realizar a análise dessa mesma controvérsia no item 2.2.

Outro ponto que poderia ser mais bem explorado, uma vez que foi abordado no curso de maneira sucinta, são as controvérsias que têm grande influência de aspectos sociais, isso permitiria uma compreensão mais aprofundada do

conhecimento científico, destacando de maneira equilibrada fatores epistêmicos e não-epistêmicos na construção científica. Outra necessidade evidenciada pela análise das respostas dos professores seria discutir epistemólogos que se posicionam de maneira distinta em relação à existência ou não de progresso na ciência e como se entende esse progresso para diferentes autores, pois entendemos que como o assunto era extenso e a formação continuada teve um tempo limitado (e não era seu foco), precisaríamos de um tempo maior para abordar esse debate.

Apesar das limitações identificadas, e de outras que podem ser apontadas, consideramos que a pesquisa realizada contribuiu para um melhor entendimento da biologia evolutiva humana e do processo de construção do conhecimento científico-biológico. Futuras investigações poderiam apresentar a controvérsia científica (ou interação polêmica) apresentada nesse trabalho, e outras controvérsias científicas na paleoantropologia, e aplicar e discutir, em cursos de formação inicial e continuada, os critérios estabelecidos por Marcelo Dascal. Dessa forma estaria se ensinando tanto sobre evolução biológica humana como a natureza e a dinâmica da atividade científica, rica em divergências, e baseando-se nas concepções de um especialista na área das interações polêmicas.

O conhecimento de evolução biológica humana é necessário, pois é uma das angústias que emergem da própria sala de aula, uma vez que os alunos se interessam pela compreensão sobre suas próprias origens biológicas. Contudo, é importante a compreensão de que o ser humano é mais uma dentre milhares de espécies, fruto dos mesmos mecanismos evolutivos geradores de outros seres vivos e que não se apresenta em um patamar distinto das outras, estando tão adaptado a seu ambiente como as outras espécies vivas. Assim, o ensino de evolução geral e evolução humana ressalta que os diferentes seres vivos emergem de mecanismos evolutivos comuns. Isso pode contribuir para uma visão mais equilibrada e respeitosa sobre os fenômenos naturais e o ambiente.

Por fim, esperamos que essa pesquisa tenha se constituído em um contributo, mesmo que pequeno e insuficiente, para a melhoria do ensino de ciências e biologia, através da melhoria das habilidades, competências e conhecimento dos professores nos âmbitos intelectual, didático-metodológico e pedagógico. Dada a importância (e a negligência) do tema, consideramos que há um longo e difícil caminho ainda a ser percorrido constituindo-se, dessa forma, um campo fértil de trabalho para outros pesquisadores.

REFERÊNCIAS

ALCOCK, J. **The Triumph of Sociobiology**. New York: Oxford University Press, 2001. 257p.

_____. **Animal Behaviour: An Evolutionary Approach**. Tenth Edition. Sunderland: Sinauer Associates, 2013. 522p.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Org.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC; Livraria Editora da Física; Fapesp, 2004. p. 49-73.

AMORIN, D. S. **Fundamentos de Sistemática Filogenética**. Ribeirão Preto: Holos, 2002. 154p.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da Ciência: Filosofia e Prática da Pesquisa**. 2ª edição. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 226p.

AYALA, F. J. **Darwin's Gift to Science and Religion**. Washington, DC: Joseph Henry Press, 2007. 237p.

_____. **Am I a Monkey?** Maryland: John Hopkins University Press, 2010. 83p.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Martins Fontes, 1977.

BARBER, B. Resistance by Scientists to Scientific Discovery. In: **Science**. v. 134. p.596-602. 1 set. 1961.

BATISTA, I. L. Reconstruções histórico-filosóficas e a pesquisa em Educação Científica e Matemática. In: Nardi, R. (Org.) **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 257-272.

BEAUCHAMP, T. L. Ethical Theory and the Problem of Closure. p.27-48.. In: Jr., H. T.; Caplan, A. L. (Org.) **Scientific controversies: Case studies in resolution and closure of disputes in science and technology**. Cambridge, MA: Cambridge University Press. 1987.

BECK, N. Social Darwinism. In. RUSE, M.; TRAVIS, J. (Orgs.) **Evolution: The First Four Billion Years**. Cambridge: The Belknap Press, 2009. 979p.

BENTON, M. J. **História da Vida**. Porto Alegre: L&PM, 2012. 192p.

BERGSTRON, C. T.; LUGATKIN, A. L. **Evolution**. Ed. W. W. Norton & Company, 2011, 786p.

BERNARDO, D. V. **Fala, Doutor** - Danilo Vicensotto Bernardo: Diversidade craniana humana. 20 de ago de 2013. Disponível em <http://univesptv.cmais.com.br/fala-doutor/fala-doutor-danilo-vicensotto-bernardo-diversidade-craniana-humana-e-suas-implicacoes-evolutivas>. Acesso em 15 fev. 2015.

BIZZO, N. História da Ciência e Ensino da Ciência: instrumentos para a prática e a pesquisa escolar. In. Arantes, V. A. (Org.) **Ensino de Ciências**. São Paulo: Sumus, 2013. 190p.

_____, N. **Ensino de Evolução e História do Darwinismo**. 1991. 312p. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - USP. 1991.

_____, N. **Ciências: Fácil ou Difícil?** 1ª ed. São Paulo: Biruta, 2009. 159p.

_____, N. **Novas Bases da Biologia: Das moléculas às populações**. Volume 1. 1ª ed. São Paulo: editora ática, 2011, p.23. 400p.

BOWLER, P. J. The social implications of evolutionism. In. BOWLER, P. J. **Evolution: the history of an idea**. Berkeley: University of California Press, 1983.

BRANTE, T.; ELZINGA, A. Towards a theory of scientific controversies. *In: Science Studies* 2, 1990, p.33-46.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. PCN+. Brasília: MEC 2006.

_____. **Rede Nacional de Formação Continuada de Professores**. 2004. Dados sobre o Pisa. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/rede-nacional-de-formacao-de-professores>. Acesso em 25 set. 2014.

_____. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio, parte III – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2000.

_____. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.

_____. **Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDBEN**. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília: MEC, 1996.

_____. **Ministério da Educação**. Portaria Interministerial 1403/2003. Brasília: MEC, 2003.

_____. **O Que é o Pisa**. 2014. Dados sobre o Pisa. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/pisa-programa-internacional-de-avaliacao-de-alunos>. Acesso em 25 set. 2014.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais** para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. Resolução Nº 2, de 1º de Julho de 2015. Conselho Nacional de Educação. Brasília: MEC, 2015. Disponível em http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=17719-res-cne-cp-002-03072015&category_slug=julho-2015-pdf&Itemid=30192 Acesso em 15 nov. 2015.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas**. Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Superior. Brasília: MEC, 2001. Parecer CNE/CES 1.301/2001.

BUARQUE, C. **Cristovam Buarque lamenta números da educação e aponta 'apagão intelectual'**. 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8H-i2Qsj0H8>. Acesso em 10 nov. 2015.

BUCH, G. M.; SCHROEDER, E. Clubes de Ciências e Alfabetização Científica: concepções dos professores coordenadores da rede municipal de ensino de Blumenau (SC). In: **Experiências em Ensino de Ciências** v.8, n. 1, 2013, p.72-86.

CALDEIRA, A.M.A.; MEGLHIORATTI, F.A.; ARAUJO, L.N.N.; CORRÊA, A.L. História e Filosofia da Biologia como ferramenta no Ensino de Evolução na formação inicial de professores de Biologia. In: **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 2, 2010, p. 217-237.

CAMPOS, C. J. G. Método de Análise de Conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. In: **Rev Bras Enferm**, Brasília (DF), set/out, 2004. 57(5):611-4.

CANDAU, V. M. F. Formação Continuada de Professores: tendências atuais. In: REALI, A. M. R.; MIZUKAMI, M. G. N. (Org.). **Formação de professores: tendências atuais**. São Carlos: EDUFSCar, 1996. p. 139-152.

CARNEIRO, A. P. N. **A evolução biológica aos olhos de professores não licenciados**. 2004. 137p. Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia. In: **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005

CARROLL, S. B. **Endless Forms Most Beautiful**. The New Science of Evo-Devo. 1ª edição. New York: Norton & Company, 2006. 368p.

CARVALHO, E. C. **A Controvérsia sobre a Geração Espontânea entre Needham e Spallanzani**: Implicações para o Ensino de Biologia. 2013. 139p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ensino). Faculdade de Educação, USP. São Paulo. 2013.

CARVALHO, L. M. A natureza da Ciência e o ensino das Ciências Naturais: Tendências e perspectivas na formação de professores. In: **Pro-Posições** - vol. 12, N.1 (34) - março/2001. p.139-150.

CARVALHO, I. S. **Paleontologia**. Volume 1. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 852p.

CASTRO, N.B.L.; AUGUSTO, T.G.S. Análise dos Trabalhos sobre o ensino de Evolução Biológica Publicados nos anais do VI ENPEC. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 7, 2009, Florianópolis. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

CHALMERS, A. F. **O que é Ciência afinal?** 1ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1993. 225p.

CHIMENTÃO, L. K. O Significado da Formação Continuada Docente. In: **4º Conpef – Congresso Norte- Paranaense de Educação Física Escolar. Anais**, 2009.

CICILLINI, G. A. **A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do Ensino Médio**: a Teoria da Evolução como exemplo. 1997. 283f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

_____. Concepções de Evolução de professores em escolas públicas do Ensino Médio. In: **IV Escola de Verão**, 4, 1998, Uberlândia. Anais... Uberlândia: UFU, 1999. p. 127-31.

CONSENSO DE BEULTESBACH. 1977. Disponível em: <http://www.lpb-bw.de/beutelsbacher-konsens.html> Acesso em 17 jan. 2015.

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

COYNE, A. J. **Por que a Evolução é uma Verdade**. 1ª ed. São Paulo: JSN Editora, 2014. 318p.

_____. **Simon Conway Morris's new book once again claims that the evolution of human-like creatures was inevitable. He's wrong**. 2015. Disponível em: <https://whyevolutionistrue.wordpress.com/2015/05/03/simon-conway-morriss-new-book-once-again-claims-that-the-evoluton-of-human-like-creatures-was-inevitable-hes-wrong/> Acesso em: 22 set. 2015.

DALGALARRONDO, P. **Evolução do Cérebro**. Sistema Nervoso, Psicologia e Psicopatologia: sob uma perspectiva evolucionista. Porto Alegre: Artmed, 2011. 461p.

DARWIN, C. R. **The Descent of Man, and a Selection in Relation to Sex**. London: John Murray, 1871.

_____. **Autobiografia**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2000. 127p.

_____. **A Origem das Espécies e a Seleção Natural**. São Paulo: Madras, 2011. 462p.

DASCAL, M. Epistemologia, Controvérsias e Pragmática. In. **Revista da SBHC**, n.12, p.73-98, 1994.

_____. **A Dialética na Construção Coletiva do Saber Científico**. 2005. 11p. Disponível em: <http://www.tau.ac.il/humanities/philos/dascal/publications.html>. Acesso em 26 abr. 2015.

_____. **Interpretação e Linguagem**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2006. 729p.

_____. Controvertibilidade sem controvérsia? In. **Educação e Filosofia Uberlândia**, v. 25, n. 50, p. 785-792, jul./dez. 2011.

_____. Marcelo Dascal. Ph, D. 2013. Disponível em: <http://www.tau.ac.il/humanities/philos/dascal/>. Acesso em 17 ago 2015. Atualizado até 1 jan. 2013.

DAVIS, C. Reportagem especial sobre formação continuada. In. **Nova Escola, Jornal da Educação** de 05 dez. 2014. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=6dj8xRxCfk>. Acesso em 10 nov. 2015.

DAWKINS, R. **A Grande História da Evolução**. Na trilha dos nossos ancestrais. São Paulo: Companhia das Letras, 2009. 759p.

DECLARAÇÃO DE BUDAPESTE. **Marco general de acontrovérsia científica de la declaración de Budapest**, 1999. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ue000207.pdf> acesso em 30 set de 2014.

DENNETT, D. C. **Quebrando o Encanto**. A religião como fenômeno natural. São Paulo: Globo, 2006. 455p.

DIAS, P.M.C., (2001). A (Im)Pertinência da História ao Aprendizado da Física (Um Estudo de Caso). In. **Revista Brasileira de Ensino de Física** 23(2).

DOBZHANSKY, T. Nothing in Biology Makes Sense except in Light of Evolution. mar.1973. In. **The American Biology Teacher**. p.125-129.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo o Conhecimento Científico na Sala de Aula. In: **Química Nova na Escola – O Aluno em Foco – Pesquisa em Ensino de Química**, Nº 9, Maio 1999.

DUTRA, L. H. A. **Introdução à Teoria da Ciência**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003. 150p.

EGGER, A.; CARPI, A. **Ideas in Science - Scientific Controversy**. Disponível em: <http://www.visionlearning.com/en/library/Process-of-Science/49/Scientific-Controversy/181>. S.d. Acesso em 07 abril de 2015.

_____. **The Process of Science**. New Canaan: Visionlearning, Inc., 2010. 284p.

ELDREDGE, N. **O Triunfo da Evolução e a Falência do Criacionismo**. Ribeirão preto, SP: Funpec Editora, 2010. 223p.

EL-HANI, C. N.; PEREIRA, A. M. Notas sobre Percepção e Interpretação em Ciência. In. **Revista USP**, São Paulo, n.49, p. 148-159, março/maio 2001.

FARIA, C., FREIRE, S. GALVÃO, C. REIS, P., FIGUEIREDO, O. Como trabalham os Cientistas? Potencialidades de uma atividade de escrita para a discussão acerca da natureza da ciência nas aulas de ciências. In. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 1, p. 1-22, 2014.

FERRAZ, D.F.; OLIVEIRA, J.M.P.; As concepções de professores de ciências e biologia sobre a natureza da ciência e sua relação com a orientação didática desses profissionais. In: **Varia Scientia**, vol. 06, nº12, dez. 2006, p. 85-106.

FERREIRA, J. M. H.; OLIVEIRA, W. C. Investigando obstáculos à transposição didática da HFC em oficina de formação docente. In. **Atas do IX Enpec - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013**.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. Prescrições Historiográficas e Saberes Escolares: Alguns Desafios e Riscos. In. **VII Enpec - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Florianópolis, 2009.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; MCDONOUGH, M.; SMITH, M.K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics In. **PNAS** 10 jun. 2014, v. 111 n. 23.

FREIRE-MAIA, N. **A Ciência por Dentro**. 7ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007. 213p.

_____. **Verdades da Ciência e Outras Verdades – A Visão de um Cientista**. São Paulo: Editora Unesp; Ribeirão Preto, SP: SBG, 2008. 310p.

FUNDAÇÃO VICTOR CIVITA. Formação Continuada Professores: uma análise das modalidades e das práticas em estados e municípios brasileiros. In. **Estudos e Pesquisas Educacionais**. Jun 2011. Disponível em <http://fvc.org.br/pdf/relatorio-formacao-continuada.pdf>.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2002. 631p.

_____. **Evolution**. Nova York: Sinauer Associates, Inc, 2005. 603p.

_____. **Biologia Evolutiva**. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2009. 830p.

GANDOLFI, H. E.; FIGUEIRÔA, S. F. M. A História da Ciência e o Ensino Interdisciplinar: uma revisão de propostas e contribuições. In. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**. Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

GIL-PEREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. In. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GILROY, A. M.; MACPHERSON, B. R.; ROSS, L. M. **Atlas de Anatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 656p.

GOEDERT, L; DELIZOICOV, N. D., ROSA, V. L.; A Formação de Professores de Biologia e a Prática Docente: O Ensino de Evolução. In: **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, IV ENPEC, 2003, Bauru, São Paulo. Atas.

GOEDERT, L; LEYSER, V.; DELIZOICOV, N. D. A Formação do Professor de Biologia na UFSC e o Ensino da Evolução Biológica. In. **Contexto e Educação**. Editora Unijuí, Ano 21, nº 76 p13-41, Jul./Dez. 2006.

GOULD, S. J. **O Sorriso do Flamingo**. Reflexões sobre história natural. Ciência aberta, 1ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 1990. 424p.

GOULD, S. J. A Evolução da Vida. In. **Scientific American Brasil – Especial Dinossauros – A evolução da vida**. 1994. 1-8p.

GRATÃO, M. S.; RANGEL JR, M. J.; NEVES, W. A. Primeiros Bípedes. In. NEVES, W. A.; RANGEL JUNIOR, M. J.; MURRIETA, R. S. S. (Org.). **Assim Caminhou a Humanidade**. 2015. São Paulo: Palas Athena, 2015. 318p.

HACKING, I. "Do we see through a microscope?" In. CHURCHLAND P. M.; HOOKER C. A. (Orgs). **Images of science: essays on Realism and Empiricism**, with a replay by Bas C. van Fraassen. University of Chicago Press, pp. 132-152, 1985.

HALL, B. K. **Evolution** - Principles and Process. Topics in Biology. Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers, 2011.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. In. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, dez, 1999.

HAWKS, J. **Meet *Ardipithecus ramidus***. 04 out. 2011. Disponível em: <http://johnhawks.net/explainer/laboratory/meet-ardipithecus/> Acesso em 10 set. 2015.

HELLMAN, H. **Grandes Debates da Ciência: Dez das maiores contendas de todos os tempos**. São Paulo: Editora UNESP, 1999. 277p.

HENRIQUE, R. S. **Evolução Humana: O que Pensam os Estudantes Ingressantes em um Curso de Ciências Biológicas sobre o Assunto? Monografia apresentada ao Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Licenciatura em Ciências Biológicas**. 2011.

HIDALGO, M. R.; JUNIOR, A. L. A Evolução do Homem e o Ensino Fundamental: Contribuições da História e Filosofia da Ciência. In: **IV Simpósio Nacional de ensino de Ciência e Tecnologia (SINECT)**, 2014.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. **Evolução em Quatro Dimensões**. DNA, Comportamento e História da Vida. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. 511p.

JACOB, F. 1973. In: FUTUYMA, D. **Evolution**. Sunderland, Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, 2005. 603p.

JUNGERS, W. Ardi tinha características humanas? In. **Scientific American Brasil**. Disponível em http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/ardi_tinha_caracteristicas_humanas_.html. 2009. Acesso em: 20 ago. 2015.

KIMBEL, W. H.; SUWA, G.; ASFAW, B.; RAK, Y.; WHITE, T.D.; *Ardipithecus ramidus* and the evolution of the human cranial base. In: **PNAS**, 948–953, January 21, v.111 n.3, 2014a. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1322639111

KIMBEL, W. H. ***Ardipithecus ramidus* era mais humano que macaco**. 2014b. Disponível em: http://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2014/01/08/interna_tecnologia,485668/primata-ardipithecus-ramidus-era-mais-humano-que-macaco-diz-estudo.shtml. Postado em 08/01/2014 00:12 / atualizado em 08/01/2014 09:40. Acesso em 07 jul. 2015.

KIPNIS, N. Scientific controversies in teaching science: the case of Volta. **Science & Education**. 10: 33-49, 2001.

KITCHER, P. Patterns of Scientific Controversies. In. MACHAMER, P.; PERA, M.; BALTAS, A. (Org.). **Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives**. New York: Oxford University Press, 2000. 278p.

KLEIN, R. G. **Fóssil considerado maior descoberta de 2009 é contestado**. Postado em 31 mai 2010, às 09h56 e atualizado às 10h35. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/ciencia/pesquisa/fossil-considerado-maior-descoberta-de-2009-e-contestado,649959d9e3837310VgnCLD100000bbcontrovérsiacientíficaeb0aRCRD.html>. Acesso em 5 jun 2015.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998. 257p.

LACEY, H. **Valores e Atividade Científica**. São Paulo: Discurso Editorial, 1998. 222p.

_____. Há uma distinção relevante entre valores cognitivos e sociais? In. **Scientiae Studia**. v.1, n.2, 2003, p.121-149.

LEAKEY, R. E. **A Origem da Espécie Humana**. Rio de Janeiro: Editora Rocontrovérsia científica, 1997. 169p.

LEDERMAN, N. G. Research on Nature of Science: Reflections on the Past, Anticipations of the Future. In. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v.7, p.1-11. jun. 2006.

LIBÂNEO, José Carlos. **Organização e Gestão da Escola – Teoria e Prática**. Goiânia: Alternativa, 2004.

LICATTI, F.; DINIZ, R. E. S. Concepções de professores de Biologia sobre o Ensino de Evolução Biológica em nível médio. In. **V Enpec - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 5, Atas. Bauru: ABRAPEC, 2005.

LIEBERMAN, D. E. **Fóssil considerado maior descoberta de 2009 é contestado**. Postado em 31 mai 2010, às 09h56 e atualizado às 10h35. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/ciencia/pesquisa/fossil-considerado-maior-descoberta-de-2009-e-contestado,649959d9e3837310VgnCLD100000bbcontrovérsiacientíficaeb0aRCRD.html>. Acesso em 5 jun 2015.

LIEBERMAN, D. E. **A História do Corpo Humano**. Evolução, Saúde e Doença. Rio de Janeiro: Zahar, 2015. 495p.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. In. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**. Minas Gerais, Vol. 03 nº 1, jun. 2001, p.1-17. Disponível em http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/20566/mod_resource/content/1/alfabetizacao_cientifica_no_contexto_das_series_iniciais.pdf. Acesso em 23 set. 2014 às 08:40h

LOVEJOY, C. O.; SUWA, G.; SPURLOCK, L.; ASFAW, B.; WHITE, T.D.;. The Pelvis and Femur of *Ardipithecus ramidus*: The Emergence of Upright Walking. In: **Science**, 02 out. 2009a, v. 326, 1105, p.71-71e6. DOI: 10.1126/science.1185462 <http://www.sciencemag.org>. Acesso em 01 abr. 2014.

LOVEJOY, C. O.; LATIMER, B.; SUWA, G.; ASFAW, B.; WHITE, T.D.;. Combining Prehension and Propulsion: The Foot of *Ardipithecus ramidus*. In: **Science**, 02 out. 2009b, v. 326, 1105, p.72-72e8. DOI: 10.1126/science.1185462 <http://www.sciencemag.org>. Acesso em 01 abr. 2014.

LUCENA, D.P. **Evolução biológica pelo modo não-tradicional**: como professores do Ensino Médio lidam com essa situação? 2008. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

MACHAMER, P.; PERA, M.; BALTAS, A. Scientific Controversies: An Introduction. In. MACHAMER, P.; PERA, M.; BALTAS, A. (Org.). **Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives**. New York: Oxford University Press, 2000. 278p.

MADEIRA, A.P.L. **Fé e evolução**: a influência de crenças religiosas sobre a criação do homem na aprendizagem da Teoria da Evolução com alunos do 3º ano do ensino médio. 2007. Dissertação de Mestrado – Programa de Estudos Pós-Graduados em Ciência da Religião, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

MARCELOS, M. F.; NAGEM, R. L. A árvore da vida no cotidiano de professores de biologia: concepções e práticas. In: MORTIMER, E. F. (Org). 6., 2007, Florianópolis. **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 5ª edição. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, L. P. A. A história da ciência e o ensino de biologia. In. **Ciência & Ensino**, n. 5, 1998.

MASTERMAN, M. A Natureza do Paradigma. In. LAKATOS I.; MUSGRAVE, A. (Org.) **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Cultrix : Ed. da Universidade de São Paulo, 1979. 343p.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: A atual tendência de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

_____. Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science, 2001, p.3-20. In: **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. 389p. Disponível em: http://www.academia.edu/806564/Science_teaching_The_role_of_history_and_philosophy_of_science. Acesso em: 06 abr 2015.

MAYR, E. **One Long Argument**: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1991. 195p.

_____. **O Desenvolvimento do Pensamento Biológico**. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107p.

_____. **Isto é Biologia**: a ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008. 428p.

_____. **O Que é a Evolução**. Rio de Janeiro: Rocontrovérsia científica, 2009. 342p.

McMULLIN, E. Scientific controversy and its termination. p.49-92. In. Engelhardt Jr., H. T., & Caplan, A. L. (Eds.). **Scientific controversies: Case studies in resolution and**

closure of disputes in science and technology. Cambridge, MA: Cambridge University Press. 1987.

MEDAWAR, P.B. **Os Limites da Ciência**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 111p.

MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M.; BORTOLOZZI. A Construção da Ciência e o Ensino de Ciências. In. **Revista Científica Eletrônica de Pedagogia**. Periodicidade semestral – edição n.5, jan 2005.

MELLO, A.C. **Evolução Biológica**: concepções de alunos e reflexões didáticas. 2008. 114p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Física, Porto Alegre, 2008.

MERTON, R. K. **Ensaio de Sociologia da Ciência**. In. MARCOVICH, A; SHINN, T. (Org.). São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2013. 304p.

MEYER, D.; EL-HANI, C.N. **Evolução**: o sentido da biologia. São Paulo: Editora UNESP, 2005. 132p.

MILLER, K. R. **Finding Darwin's God**: A scientist's search for common ground between God and Evolution. New York: Harper Perennial, 1999. 338p.

MILLER, K.; LEVINE, J. Finding the Teachable Moment. **Conflict & Controversy in Science. Controversy as a Teaching Tool in the Biology Classroom**. Disponível em <http://millerandlevine.com>. Acesso em 20 abr 2015.

MINIAURÉLIO. **O Dicionário da Língua Portuguesa**. Curitiba: Positivo, 2010.

MIZUKAMI, M. G. N. et al. **Escola e aprendizagem da docência**: processos de investigação e formação. São Carlos: UFSCar, 2002.

MLODINOV, L. **De Primatas a Astronautas**. A Jornada do Homem em Busca do Conhecimento. Rio de Janeiro: Zahar, 2015. 391p.

MOREIRA JR, A. F. Por uma Sociologia “Transversalista” da Ciência e das Técnicas. In. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**. v.1, n.1, p.130-135, jul/dez 2009.

MORELL, V. **Ancestral Passions** – The Leakey Family and the Quest for the Humankind's Beginnings. New York: Touchstone, 1996. 619p.

MOTA, G. M.; OLIVEIRA, M. C. A. Investigação de Artigos sobre Ensino de Origem da Vida e Evolução Biológica publicados nos Encontros Regionais de Ensino de Biologia do Nordeste (EREBIO/NE). In. **Anais do V Encontro Regional de Ensino de Biologia do Nordeste (EREBIO/NE)**, 2013. Disponível em https://www.academia.edu/5759512/Investigacao_de_artigos_sobre_ensino_de_Origem_da_Vida_e_Evolucao_Biologica_publicados_nos_Encontros_Regionalis_de_Ensino_de_Biologia_do_Nordeste_EREBIO_NE Acesso em 24 set. 2014

MOURA, J. C. S.; SILVA-SANTANA, C. C. A evolução humana sob a ótica do professor do ensino médio. In. **Revista Metáfora Educacional**. n. 13 (jul. – dez. 2012), dez. 2012.

NARASIMHAN, M. G. Controversy in science. In. **Journal of Biosciences**. 26(3): 299-304. Set 2001.

NASCIMENTO, M. das G. A formação continuada dos professores: modelos, dimensões e problemática. Ciclo de Conferências da Constituinte Escolar. **Caderno Temático**, Belo Horizonte, n. 5, jun., 2000.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O Ensino de Ciências no Brasil: História, formação de Professores e Desafios Atuais. In. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, n.39, p. 225-249, set.2010. Disponível em http://www.histedbr.fe.unicamp.br/revista/edicoes/39/art14_39.pdf Acesso em 10 jun. 2014 às 14:00h

NATURE. Does evolutionary theory need a rethink? In. **Nature**, v. 514, p. 161–164, 9 Out. 2014.

NEVES, W. A. **Provocações**. 2010. Disponível em: <http://tvcultura.cmais.com.br/provocacoes/walter-neves-afirma-que-brasil-nao-tem-fome-so-de-comida-tem-fome-de-cultura-bloco-3-> Acesso em: 20 abr. 2015.

NEVES, W. A. **Um Esqueleto Incomoda Muita Gente...** Campinas: Editora da Unicamp, 2013. 153p.

NEWTON, R. G. **A Verdade da Ciência**. Teorias Físicas e Realidade. Lisboa: Dinalivros, 1997. 302p.

NÓVOA, A. **Formação de professores**. 2ª ed. São Paulo: Unesp, 1998.

OECD. **Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico**. In. http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2013/country_note_brazil_pisa_2012.pdf Acesso em 30 set 2013.

OKASHA, S. **Philosophy of Science**. A Very Short Introduction. Nova York: Oxford University Press Inc., 2002.

OLEQUES, L.C. **Evolução Biológica**: percepções de professores de Biologia de Santa Maria, RS. 2010. 66p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde), UFMS, Santa Maria, 2010.

OLEQUES, L. C.; BARTHOLOMEI – SANTOS, M. L.; BOER, N. Evolução Biológica: percepção de professores de biologia. In. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 243-263, 2011.

OLIVEIRA, R.L.V. **Controvérsia**: Persuasão Racional na Ciência. Dissertação de mestrado, 2011.

OLIVEIRA, R.L.V.; REGNER, A.C.K.P. Controvérsia: Persuasão Racional na Ciência. In. **XVII Encontro de Jovens Pesquisadores da UCS**, Anais. 2009.

PACCA, J. L. A.; SCARINCI, A. L. Professores e Formadores na Formação Continuada (atores e diretores na construção de um personagem). In. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.12, n. 1, 2012.

PAESI, R. A.; ARAÚJO, A. M. Evolução Humana nos Livros Didáticos de Biologia: o antropocentrismo em questão. In. **Salão UFRGS, 2014: X Salão de ensino da UFRGS**. 20-24 out. 2014.

PEREIRA, M. G.; NASCIMENTO, C. V. C.; BARBOSA, A. T.; ROCHA, G. S. D. C. Concepções de Professores de Ciências, Física, Química e Biologia acerca da Natureza da Ciência. In. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**. Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

PICKERING, T. R. **Rough and Tumble: Aggression, Hunting, and Human Evolution**. University of California Press, Ltda, 2013.

PICQ, P. **As Origens do Homem Explicadas para Crianças**. São Paulo: Ed. Unesp, 2012. 162p.

POPPER, K. R. **Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge**. London: Routledge e Kegan Paul, 1963.

_____. A Ciência Normal e seus Perigos. In. LAKATOS I.; MUSGRAVE, A. (Orgs.) **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Cultrix: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979. 343p.

_____. **Conhecimento Objetivo**. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1999.

PORTO, P. A.; VIDAL, P. H. O. A História da Ciência nos Livros Didáticos de Química do PNLEM 2007. In. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A Vida dos Vertebrados**. 4ª edição. São Paulo: Atheneu Editora, 2008. 684p.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia de História da Ciência*. v.4, 2009.

PROTHERO, D. R. **Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters**. New York: Columbia University Press, 2007. 381p.

PROUS, A. **O Brasil antes dos Brasileiros: a pré-história de nosso país**. 2ª ed. Revista. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.

RAMOS, L. S.; MELO, P.L.C.; TEIXEIRA, F. M. Concepções sobre a natureza das ciências apresentadas por licenciandos do Rio de Janeiro: um estudo de caso. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 6, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

RAVEN, P. H.; EVERT, F. Y.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Sexta edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2001. 906p.

REIS, P. Ciência e Controvérsia. Editorial. In. **Revista de Estudos Universitários (REU)**, Sorocaba-SP, v.35, n.2, p. 09-15, 2009.

RENSBERGER, B. Rival an divide on “re-human” find. In. **New York Times**, 18 fev. 1979.

RIDLEY, M. **Evolução**. 3ª ed. Porto alegre: Artmed, 2006. 762p.

ROSSETTI, V. **E Agora, onde Enfiar o *Homo naledi*?** 13 set. 2015. Disponível em <https://netnature.wordpress.com/2015/09/13/e-afora-onde-enfiar-o-homo-naledi/> Acesso em 5 dez. 2015.

RUSE, M. **Levando Darwin a Sério**. Uma abordagem naturalística da Filosofia. Belo Horizonte: Itatiaia, 1995. 386p.

SACRISTÁN, J. G. **Poderes Instáveis em Educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

SAGAN, C. **O Mundo Assombrado pelos Demônios**: A ciência como uma vela no escuro. São Paulo: Companhia de Bolso, 2006. 509p.

SALHBERG, P. O que a Finlândia pode ensinar ao mundo. In. Entrevista para **O País – O Globo – Educação**. 27 de dezembro de 2012, p.10. Disponível em <http://pasisahlberg.com/wp-content/uploads/2012/12/Interview-O-Pais-2012.pdf> Acesso em 20 abr. 2014 às 21:45h

SALMON, W. C. Quasars, Causality, and Geometry: A Controversy that Should Have Happened but Didn't. In. MACHAMER, P.; PERA, M.; BALTAS, A. (Org.). **Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives**. New York: Oxford University Press, 2000. 278p.

SAMPAIO, H. R; BATISTA, I. A filosofia da ciência como um saber necessário para a teorização da prática docente. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 6, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

SANDER, W. Formação e Perspectividade: Controvertibilidade e proibição de doutrinação como componentes básicos da formação e da ciência. In. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 25, n. 50, p. 757-784, jul./dez. 2011.

SANMARTÍ, N. **Didática de las ciências em la educación secundaria obligatoria**. 2 ed. Madrid: Síntesis, 2002.

SANTOS, F. M. Análise de Conteúdo: A visão de Laurence Bardin. In. **Revista Eletrônica de Educação**. São Carlos, SP: UFSCar, v.6, no. 1, p.383-387, mai. 2012.

SARMIENTO, E. Comment on the Paleobiology and Classification of *Ardipithecus ramidus*. In: **Science**, 28 de maio de 2010, v. 328, 1105, DOI: 10.1126/science.1184148, <http://www.sciencemag.org>. Acesso em 01 abr. 2014

SCHEID, N. M. **A contribuição da história da biologia na formação inicial de professores de ciências biológicas**. 2006. 203f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SEPULVEDA, C; EL-HANI, C. N. Ensino de Evolução: uma experiência na formação inicial de professores de biologia. In: TEIXEIRA, P. M. M; RAZERA, J. C. C. **Ensino de Ciências pesquisas e pontos em discussão**. 1. ed. Campinas: Komedi, 2009, p. 21-45.

SHINN, T.; RAGOUET, P. **Controvérsias sobre a ciência**: por uma sociologia transversalista da atividade científica. São Paulo: Associação Filosófica Scientia Studia/Editora 34, 2008. 208p.

SILVA, B. V. C. História e Filosofia da Ciência como Subsídio para Elaborar Estratégias Didáticas em Sala de Aula: um relato de experiência em sala de aula. In. **Revista Ciência & Ideias**. v.3, n.2, out.2011 a mar. 2012.

SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. In. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, 1602 (2008).

SILVA, C. M.; SANTOS, C. G.; MENDONÇA, P. C. C.. Análise da História da Ciência em livros didáticos de Química aprovados no PNL 2012. In. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC** Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

SILVER, B.L. **A Escalada da Ciência**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008. 772p.

SOKAL, A.; BRICMONT, J. **Imposturas Intelectuais**. O Abuso da Ciência pelos Filósofos pós-Modernos. 4ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2010. 316p.

SWITEK, B. **At long last, meet *Ardipithecus ramidus***. 02 out. 2009. Disponível em: <http://scienceblogs.com/laelaps/2009/10/02/will-the-earliest-known-homini/>. Acesso em 26 jun 2015.

TARDIF, M.; LESSARD, C. **Trabalho Docente**: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas. Petrópolis: Vozes, 2005.

TATTERSALL, I. **Masters of the Planet. The Search for Our Human Origins**. New York: Palgrave Macmillan, 2013. 266p.

TEIXEIRA, P. ANDRADE, M. Entre as crenças pessoais e a formação acadêmica: como professores de biologia que professam fé religiosa ensinam evolução? In. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 2, p. 297-313, 2014.

TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. In: **Genetics and Molecular Biology**, v.27, n.1, p.124-31, 2004.

VAN FRAASSEN, B. C. **A Imagem Científica**. São Paulo: Editora Unesp, 2007.

_____. "Empiricism in the Philosophy of Science" In. CHURCHLAND P. M.; HOOKER C. A. (Orgs). **Images of science**: essays on Realism and Empiricism, with a replay by Bas C. van Fraassen. University of Chicago Press, pp. 245-308, 1985.

VELHO, L. e VELHO, P.: A controvérsia sobre o uso de alimentação alternativa no combate à subnutrição no Brasil. In. **História, Ciências, Saúde** Manguinhos, Rio de Janeiro, vol. 9(1):125-57, jan.-abr. 2002.

VÉRAS, R. **Afinal, viemos ou não viemos dos macacos?** Três respostas possíveis. 2013. Disponível em <http://evolucionismo.org/profiles/blogs/afinal-viemos-ou-nao-viemos-dos-macacos-tres-respostas-possiveis>. Acesso em 16 out. 2014.

WALLACE, A. R. **Darwinismo**. Uma exposição da Teoria da seleção Natural com Algumas de suas Aplicações. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 432p.

_____. **My Life**. A Record of Events and Opinion. New York: Cosimo Classics, 2007. 408p.

WATSON, J. D. **The Double Helix**. A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA. USA: Macmillan Library Reference USA, Inc., 1998.

_____. **A Dupla Hélice**: como descobri a estrutura do DNA. 1ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2014. 205p.

WENGZYNSKI, C. D.; TOZETTO, S. S. A Formação Continuada Face as suas Contribuições para a Docência. In. **IX ANPED Sul** – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T. C. Epistemologia de Mario Bunge e sua Contribuição para o Ensino de Ciências. In. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.

WHITE, T. D.; SUWA, G.; ASFAW B. *Australopithecus ramidus*, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia. In. **Nature**, 1994, v. 371, 306-312.

WHITE, T.D. ASFAW, B.; BEYENE, Y.; HAILE-SELASSIE, Y.; LOVEJOY, C.O.; SUWA, G.; WOLDEGABRIEL, G. *Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids. In: **Science**, 2 de outubro de 2009, v. 326, p.64, 75-86, DOI: 10.1126/science.1175802, <http://www.sciencemag.org>. Acesso em 01/04/2014

WHITE, T. D.; SUWA, G.; LOVEJOY, C. O. Response to Comment on the Paleobiology and Classification of *Ardipithecus ramidus*. In: **Science**, 28 de maio de 2010, v. 328, 1105, DOI: 10.1126/science.1185462 <http://www.sciencemag.org>. Acesso em 01 abr. 2014

WHITE, T. D.; LOVEJOY, C. O.; ASFAW, B.; CARLSON, J. P.; SUWA, G.; Neither chimpanzee nor human, *Ardipithecus* reveals the surprising ancestry of both. In. **PNAS**, 21 abr. 2015, v. 112, n. 16, p. 4877–4884. Disponível em www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas. Recebido, por e-mail, de Tim D. White, em 18 set. 2015, 14: 54min (2:54 PM).

WONG, K. **Rival Anthropologists Donald Johanson and Richard Leakey Reunite after 30-Year Rift**. Disponível em: <http://blogs.scientificamerican.com/observations/rival-anthropologists-donald-johanson-and-richard-leakey-reunite-after-30-year-rift/> Acesso em 20 out. 2015.

WOOD, B. **Human Evolution**. A Very Short Introduction. New York: Oxford University Press, 2005. 131p.

YAMAZAKI, R. M.; STUANI, G. M.; SANTOS, J. V. A. Controvérsias Científicas sobre o Conceito de Gene no ensino para a Formação Crítica do Licenciando em Ciências Biológicas. In: **Encontro de História e Filosofia da Biologia**. 7 a 9 de agosto, Florianópolis/SC, 2013. p.209-214.

ZORZETTI, M.L.F.; BARROS, L.A.M. A Política Educacional Brasileira pós 1990: novas configurações a partir da política neoliberal de Estado. In. **Anais do IX**

Congresso Nacional de Educação – EDUCERE e III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, 2009, p.3279-3293.

→ **APÊNDICE A****SEQUÊNCIA DIDÁTICA****Pesquisador Responsável:** Fernanda Aparecida Meglhioratti**Pesquisador Colaborador:** Marcelo Erdmann Bulla**Carga Horária de curso:** 32h (16h presenciais e 16h não-presenciais complementares de leitura e estudo)**SEQUÊNCIA DIDÁTICA – Dois MÓDULOS Presenciais: 16h (8h cada)****e Atividades Complementares de Estudo e Pesquisa: 16h****Total: 32h****TÍTULO**

► Evolução biológica humana e suas controvérsias internas: compreendendo as nossas origens e o processo de construção científica.

OBJETIVOS

► Contribuir para o desenvolvimento de uma percepção crítica da ciência e para o ensino-aprendizagem da evolução biológica humana.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**ATIVIDADES DO TIPO “PRESENCIAL” (c/h = 16h)**

MÓDULO 1 (8h): Introdução à Biologia Evolutiva, Historia do Pensamento Evolutivo, Evidências, Seleção Natural, Teoria Sintética e Evo-Devo.

01. Questionário para coleta inicial de dados sobre o conteúdo a ser trabalhado e sobre a formação acadêmica/profissional de cada professor participante. (1h)
02. Apresentação dos Módulos Didáticos, do material a ser utilizado durante o curso, das sugestões de leitura e de estudo e dos participantes (30min)
03. Apresentação em power point e quadro de giz de algumas evidências da Descendência com Modificação (Evolução) a partir de Ancestrais Comuns. O exemplo escolhido para apresentar as evidências, através de várias linhas diferentes de pesquisa, foi o da evolução das baleias (1h)

- Atividade 1: “*Ensinando Evolução – Um Desafio para os Professores*”: essa atividade trata-se de um diálogo entre três professores de biologia, sobre o ensino de evolução, no início do ano letivo em uma escola pública. A atividade aborda as dificuldades e conflitos enfrentados pelos professores ao ensinar biologia evolutiva como, por exemplo, as próprias dúvidas e incertezas, além das perguntas dos alunos referentes ao tema. Aborda também o a compreensão para a ciência sobre o que seria uma Lei, Teoria, Fato e Hipótese. O exemplo específico utilizado nessa atividade foi o tema “Formas de Transição” ou “Elos Perdidos” onde fora apresentada uma réplica fóssil de *Archaeopteryx*.

04. Apresentação de trecho do filme “**O Desafio de Darwin**”, onde Darwin recebe o manuscrito de Wallace em 1858 e aborda o mecanismo da seleção natural. Foi abordado o conceito de seleção natural e de adaptação utilizando o exemplo do suicídio do macho da aranha viúva-negra (*Latrodectus hasselti*). Aplicação da Atividade 2: trechos extraídos de cartas trocadas entre Darwin e Wallace e da Autobiografia de Wallace onde se percebem as concordâncias e discordâncias científicas, entre os dois, referentes à Seleção Natural, à Seleção Sexual e à Evolução em geral. Discutiu-se brevemente conceitos evolutivos de Lamarck e a Atividade 3 foi aplicada (2h)

- Atividade 2: “Controvérsias Darwin-Wallace”

- Atividade 3: “(Re)Visitando Lamarck – ENEM, UNIGRANRIO, Lamarck e Confusão”: atividade que abordou dois exercícios (um do ENEM e outro da UNIGRANRIO) a respeito de conceitos lamarckistas e darwinistas.

05. Apresentação em power point de uma recente área de pesquisa da biologia evolutiva chamada Biologia Evolutiva do Desenvolvimento, Embriologia Evolutiva (ou apenas Evo-Devo). Foi realizada a aplicação da Atividade 4.

- Atividade 4: “*Animal Body Plans – Homeobox Genes*” (*Planos do Corpo Animal – Genes Homeoboxes*).

A Atividade 5 foi retirada do livro “**The Human Evolution - Coloring Book**”, e objetiva a uma melhor compreensão da EVO-DEVO, a qual tem evidenciado o importante papel da regulação da expressão gênica pelos genes Hox para a modulação do eixo ântero-posterior (“da cabeça aos pés”) das formas corpóreas e para o surgimento das inovações evolutivas, as quais não se limitam às mutações estruturais gênico-cromossômicas (1h).

MÓDULO 2 (8h): Controvérsia Científica “White-Sarmiento”, Evolução Biológica Humana e *Ardipithecus ramidus*

01. Retomada da discussão sobre evidências da ancestralidade comum e sobre a atividade 4 (Evo-Devo) realizadas no Módulo 1. (1h 30min)

02. Apresentação de maneira sintética das principais ideias sobre evolução humana e quais os principais obstáculos e divergências da área e a cronologia das descobertas dos fósseis hominídeos. (1h)

03. Atividade 5: “Afinal, viemos ou não do Macaco”? (1h)

04. Apresentação de trechos do documentário em DVD “**Descobrimo Ardi**”, produzido pela Discovery, e que aborda todo o processo de descoberta de *Ardipithecus ramidus* e sua classificação pelos paleoantropólogos. (30min)

05. Apresentação dos artigos originais (em inglês), leitura e discussão desses mesmos quatro artigos traduzidos para o português e resumidos. Os quatro artigos são:

→ *Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids – *Ardipithecus ramidus* e a Paleobiologia dos Hominídeos Primitivos (WHITE *et al.*, 2009);

→ Comment on the Paleobiology and Classification of *Ardipithecus ramidus* – Comentário sobre a Paleobiologia e a Classificação de *Ardipithecus ramidus* (SARMIENTO, 2010);

→ Response to Comment on the Paleobiology and Classification of *Ardipithecus ramidus* – Resposta ao Comentário sobre a Paleobiologia e a Classificação de *Ardipithecus ramidus* (WHITE *et al.*, 2010);

→ *Ardipithecus ramidus* and the Evolution of the Human Cranial Base – *Ardipithecus ramidus* e a Evolução Base do Crânio Humano (KIMBEL *et al.*, 2014) (2h30min).

06. Debate sobre a controvérsia científica White-Sarmiento e controvérsias científicas em geral, ideologias na ciência, ciência e sociedade, ciência e escola (1h)

07. Atividade 6: “Montando uma Filogenia de Hominídeos no Chão da Sala de Aula”.

08. Questionário final de coleta de dados (30min)

ATIVIDADES COMPLEMENTARES DO TIPO “NÃO-PRESENCIAL” (c/h = 16h)

Assistir os seguintes vídeos:

→ → Palestra “**A Ciência fala do Real?**” por Charbel Niño El-Hani (2h)

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ukey4_-P9Rg

→ Documentário “**A História da Ciência**” em 6 episódios de 1h cada (6h)

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=1SgaBosb3-I>

→ Palestra “**Educação científica – Um Desafio para a Sociedade**”, por Alexander Kellner, Academia Brasileira de Ciências (ABC), 2013. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=JpKhH1D0wNQ&index=5&list=UUan_-INRRf81rETgdW2O9Kw (1h)

→ Palestra “**O Que é Ciência, afinal?**” por Attico Chassot, 2014 (1h)

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Sqmpk3i3R0I>

→ Debate SESC TV “**Criacionismo** (Nahor Neves) x **Evolucionismo** (Mario de Pinna)” sob a coordenação de Mario Sergio Cortella, 2009. (1h30min) Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=EMVmih22v-8>

→ Debate Bill Nye (**Evolução**) x Ken Ham (**Criação**), no Museu da Criação, 2014 –

Legendado (1h30min) Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5h2TilCwKpA>

→ Documentários “**O Povo de Luzia**”. (30min) Disponível em

<https://www.youtube.com/watch?v=0MBeu9oliWY>

→ Documentário “**Pedro Leopoldo - O Berço de Luzia**”. (30min) Disponível em

<https://www.youtube.com/watch?v=E62js1eT2t8>

Ler os seguintes textos:

→ Artigo de Gil-Perez (2001) “**Para uma Visão não Deformada do Trabalho Científico**” (1h)

→ O artigo/dossiê “**Raça, Genética, Identidades e Saúde – razões para banir o conceito de raça da medicina brasileira**” (em pdf) de Sergio D.J. Pena, 2005 (1h)

INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

→ Questionário e discussão em grupo.

RECURSOS DIDÁTICOS

→ Livros, artigos, revistas, DVDs de filmes e de documentários, multimídia, quadro de giz, atividades práticas, atividades pedagógicas e réplicas de fósseis em resina e gessomite.

→ **APÊNDICE B**

**INSTRUMENTO PARA COLETA INICIAL DE DADOS – QUESTIONÁRIO INICIAL
PRESENCIAL SOBRE “CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS e EVOLUÇÃO BIOLÓGICA
HUMANA”**

PARTE I→ **DADOS GERAIS**

01. Gênero: () F () M

02. Idade (em anos): () de 20 a 29 () de 30 a 39 () de 40 a 49 () mais de 50

→ **FORMAÇÃO ACADÊMICA**

03. Qual seu curso de formação acadêmica (graduação) e em que instituição de ensino e ano se formou?

04. Modalidade: () Licenciatura Curta () Licenciatura Plena () Bacharelado

05. Qual sua formação após a graduação

() apenas graduação

() especialização Área/ano: _____

() mestrado Área/ano: _____

() doutorado Área/ano: _____

Outros:

→ **SITUAÇÃO FUNCIONAL**

06. Atua como professor(a) da educação básica:

Na rede pública () Há quantos anos: _____ Na rede particular () Há quantos anos: _____

07. Qual(is) disciplina(s) leciona atualmente e para quais anos/séries?

08. Sistema Funcional (no Estado): () Efetivo(a) () Contratado(a)

09. Turno(s) em que ministra aulas atualmente, na escola pública estadual:

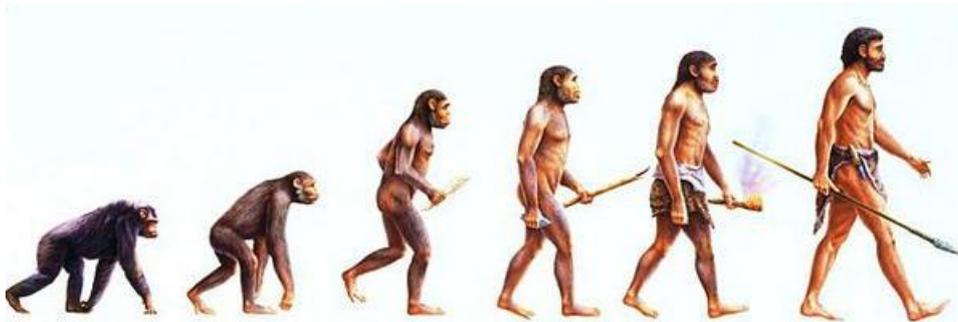
() matutino () vespertino () noturno

10. Disciplina(s) que ministra ou já ministrou aulas:

() Ciências () Biologia () Química () Física () Matemática () Outras: _____

14. Escreva o que você entende por Evolução Biológica?

15. A figura abaixo representa a evolução biológica humana?



Fonte: <http://veja.abril.com.br/noticia/saude/papel-carne-evolucao-humana> Acessado em 31 out 2014.

Justifique.

16. Os seres vivos progridem como consequência da Evolução Biológica? Quero dizer, as espécies se modificam ao longo do tempo em direção a uma determinada forma, a um determinado objetivo ou a um determinado fim? Justifique seu posicionamento.

PARTE III

→ SUA EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA

17. Você tem conseguido abordar a evolução biológica humana nas suas aulas? Se sim, como? Se não, por quê?

18. Você busca informações sobre evolução biológica em outros materiais além do livro didático? Se sim, quais são as fontes consultadas?

19. Na sua graduação (formação inicial) você teve aula sobre evolução biológica humana?
() não. () sim. Especifique (como foi): _____

20. Você participou de algum curso de formação continuada (após a graduação) sobre evolução biológica (geral ou humana)?

() não. () sim. Especifique (Instituição e ano): _____

03. O que você compreende por Controvérsia Científica?

04. O que você compreende por Evolução Biológica?

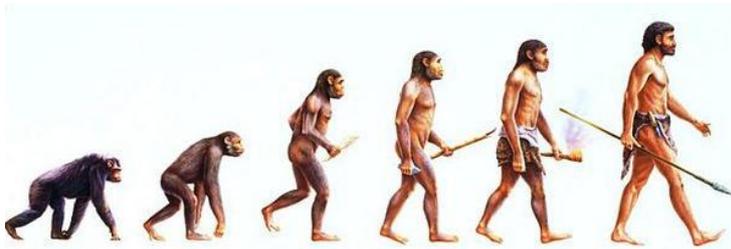
05. Cite algumas dificuldades que você tinha (ou que ainda as tem) em relação à compreensão dos conceitos de evolução biológica e, especificamente, sobre evolução biológica humana.

06. A formação continuada realizada trouxe subsídios para que você possa melhor trabalhar o tema da evolução biológica humana em sala de aula? Quais foram esses subsídios?

07. “*Afinal, viemos ou não viemos dos macacos*”? Essa é uma das questões que frequentemente aparecem quando se está envolvido com divulgação científica sobre evolução ou no contexto da sala de aula. Como é possível responder a essa questão para os alunos do Ensino Fundamental e Médio? Escreva a respeito.

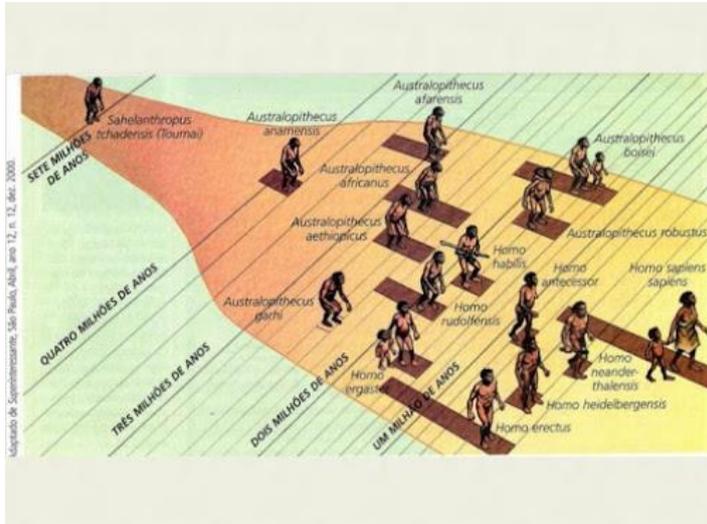
08. Observe e analise as duas figuras abaixo (**Figura a** e **Figura b**). Qual delas representa mais corretamente a evolução biológica humana? Explique o porquê chegou à conclusão que chegou.

Figura a



Fonte: <http://veja.abril.com.br/noticia/saude/papel-carne-evolucao-humana> Acesso em 31 out 2014

Figura b



Fonte: <http://pt.slideshare.net/vitoriacancelli/lbum-de-imagens-4-evoluo-humana> Acessado em 31 out 2014

→ **APÊNDICE D**

ATIVIDADE 1 – DESAFIO PARA OS PROFESSORES

Ensino de Evolução na Escola, Formas de Transição e Natureza da Ciência

(traduzido, adaptado e organizado por Marcelo E. Bulla de *“Teaching about Evolution and Nature of Science”* da Academia Nacional de Ciência (NAS) dos EUA – 1998; e de *“Análise Evolutiva”*, de HERRON e FREEMAN, 2007)

NARRADOR: É início de ano e primeira semana de aula em uma escola pública.

O sino toca para a terceira aula. Karen, professora de Biologia e Ciências recém-chegada na escola, neste momento com hora-atividade, se dirige à sala dos professores. Ela cumprimenta seus colegas de área, Bárbara e Douglas.

Karen – “Bom dia Bárbara, bom dia Douglas, tudo bem?”

Bárbara - "Bom dia Karen, tudo bem. Como vão os seus primeiros dias?"

Karen - "Tudo bem Bárbara. A propósito, obrigada por me deixar ver o seu planejamento de Biologia. Mas eu queria perguntar-lhe sobre o ensino de evolução. Eu não vi esse conteúdo lá”.

Bárbara - "Você não viu esse conteúdo no meu planejamento porque a evolução não é um tópico separado. Eu utilizo a evolução biológica como um tema integrador para amarrar todo o currículo, portanto ela entra em praticamente todas as unidades. Você verá uma seção chamada ‘História da Vida’ na segunda página, e há uma seção chamada ‘Seleção Natural’. Eu não trabalho a evolução separadamente pelo fato dela estar relacionada com todos os tópicos na biologia”.

Douglas - "Espere um minuto Bárbara. Isso é um bom conselho para um novo professor? Quero dizer, a evolução é um assunto controverso, e muitos de nós simplesmente não chegamos a ensiná-la de fato. Eu não. Você sim, mas você é mais corajosa do que a maioria de nós.”

Bárbara - "Não é uma questão de coragem, Douglas. É uma questão do que precisa ser ensinado, se queremos que os alunos compreendam realmente a Biologia. Ensinar Biologia sem a evolução seria como ensinar educação cívica ou política e nunca mencionar a Constituição”.

Douglas – “Mas como você pode ter certeza de que a evolução é tão importante? Afinal, não há centenas de cientistas que não acreditam na evolução? Não dizem que é muito improvável?”

Bárbara - "As controvérsias ocorrem no âmbito do **COMO**, e não do âmbito do **SE** a evolução ocorreu. Muitos cientistas e várias organizações de educação em ciência fizeram declarações sobre a importância de ensinar evolução. Segundo as **Orientações Curriculares para o Ensino Médio** de 2006, os chamados **PCN+**, elaboradas a partir discussão com as equipes técnicas dos Sistemas Estaduais de Educação, com professores e alunos da rede pública e com representantes da comunidade acadêmica, o tema '**Origem e Evolução da Vida**' deve ter papel central e norteador dos conteúdos de biologia a serem trabalhados".

Karen - "Eu assisti a uma reportagem quando eu era estudante acerca de um distrito escolar ou estado norte-americano que inseriu um aviso contra a evolução em todos os seus livros de Biologia. O livro ensinava que os alunos não precisavam acreditar na evolução porque ela é **apenas uma teoria**. O argumento era de que ninguém realmente sabe como a vida começou ou como evoluiu, afinal ninguém estava lá para ver isso acontecer".

Bárbara: “Não se esqueça de que o conhecimento científico não se constrói apenas através de observação direta, a **observação indireta** é parte do dia a dia da ciência, através das inferências. Vamos conversar um pouco sobre a natureza da ciência”.

Douglas - "Quando eu ensinei evolução, eu a ensinava como uma teoria, não como um fato".

Bárbara - "Assim como a gravidade?".

Douglas - "Mas, Bárbara, a gravidade é um **fato**, não uma **teoria**".

Bárbara – “Sim. O **fato** é que as coisas caem. A **explicação** para o porquê das coisas caírem é a **teoria** da gravitação. Nosso problema está com as definições. Precisamos deixar claro o que queremos dizer ao usar os termos *hipótese, fato, teoria, modelo, lei*, etc. Douglas, você está usando os conceitos de '**fato**' e de '**teoria**' da forma que os utilizamos no dia a dia, no entanto nós precisamos usá-los como os cientistas os usam”.

Douglas – “Certo Bárbara, estou entendendo”.

Bárbara – “A evolução das espécies é um **fato (científico)** explicado pela **teoria (científica) da evolução**. Na ciência, podemos dizer que *um 'fato' é uma observação* (direta ou indireta), **apoiada por experimentação**, que foi feita muitas e muitas vezes, por muitos cientistas diferentes em locais diferentes, somada à

ausência de observações contrárias. No entanto, não podemos esquecer que *graus diversos de incerteza* fazem parte da natureza da ciência. Podemos, também, definir **'fato'** como 'uma hipótese que adquiriu tantas evidências que a apoiam que agimos como se fosse verdadeira', ou seja, é uma hipótese na qual podemos ter muita confiança".

Karen – “Isso Bárbara. As **teorias científicas** são explicações daquilo que observamos, **são as explicações dos fatos**, afinal uma teoria científica é um 'corpo coerente de afirmações interligadas, com base no raciocínio e na evidência, que explica uma variedade de observações'. Um conceito onde os alunos se confundem sobre evolução é que eles pensam **'teoria'** no sentido de *'eu acho'* ou *'tenho um palpite'*. Mas a evolução não é um palpite e nem um *'eu acho'*. É uma explicação científica baseada em observação direta e indireta, experimentação, comparação, inferência e predição. No entanto, eu mesma não entendo bem quando se fala no caráter de *'predição'* da ciência”.

Bárbara – “Karen, já já conversaremos sobre o caráter preditivo da ciência”.

Douglas – “Mas ainda não sabemos muitas coisas sobre evolução”.

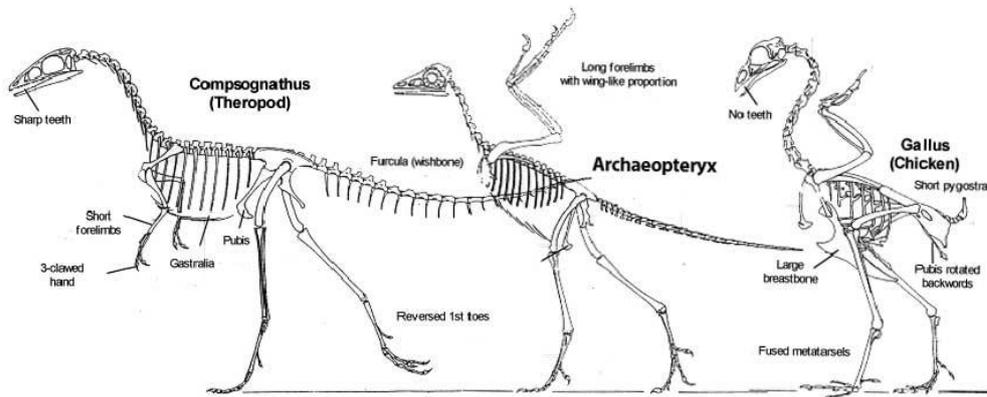
Karen - "Isso é verdade. Um amigo meu sempre questiona as lacunas no registro fóssil e a ausência de fósseis de transição para 'comprovar' a evolução. Você sabe alguma coisa sobre isso”?

Douglas – “Bem, há o *Archaeopteryx* ou 'asa antiga”.

OBS: *Archaeopteryx lithographica* representa uma transição entre os répteis e as aves – e constitui também uma forte evidência de que as aves atuais são descendentes diretos dos dinossauros predadores do Jurássico, os **TERÓPODES**. Nos dinossauros com penas, elas serviam como isolamento térmico e talvez na incubação dos ovos. Também poderiam ter sido aproveitadas como camuflagem ou para exibição no acasalamento. Portanto, é possível que as penas das aves surgiram em outros contextos funcionais e não em associação com capacidade de voo. Uma vez as penas “inventadas”, elas teriam sido aproveitadas para voar. Esse “*aproveitamento de função*” recebe o nome de **PRÉ-ADAPTAÇÃO** ou **EXAPTAÇÃO**.



Imagens de reconstrução de *Arqueopteryx* e alguns fósseis. Fonte: <http://biologypop.com/archaeopteryx-evolution/>



Visão antiga e essencialmente correta da evolução das aves com *Compsognathus*, *Archaeopteryx* e *Gallus*, o frango. Disponível em: <https://pterosaurheresies.wordpress.com/2011/12/18/the-origin-of-archaeopteryx-illustrated/> Acesso em 15 jul 2015.

Bárbara: “Não se esqueçam de que Darwin afirmava que as espécies são descendentes, com modificações, de formas anteriores e que os fósseis representam populações antigas, as quais algumas eram ancestrais dos seres que existem hoje em dia. **SE** Darwin estivesse certo, **ENTÃO** o registro fóssil deveria captar evidências dessas modificações: formas de transição (**FT**) que mostrassem uma **mistura** ou um **mosaico** de caracteres da população ancestral e novos traços observados posteriormente nas descendentes. Na época de Darwin, haviam sido descobertas poucas FT, por isso ele teve que explicar por que seriam raras no registro fóssil. Desde aquela época, no entanto, têm sido encontrados muitos desses fósseis, os chamados ‘elos perdidos’, como os das baleias, por exemplo”.

Karen - "*Archaeopteryx* é um fóssil que tem penas como uma ave e o esqueleto de um dinossauro pequeno.

Bárbara: “Quando denominamos o *Archaeopteryx* de **FT**, não estamos afirmando que esse fóssil estava na linha de descendência direta dos dinossauros às aves modernas. Talvez *Archaeopteryx* represente um ramo lateral extinto na árvore evolutiva que conecta os dinossauros às aves. Esse animal é considerado uma **FT** porque demonstra a existência prévia de espécies de formas intermediárias entre os dinossauros e as aves. *Archaeopteryx* indica que as aves evoluíram suas características próprias aos poucos. As penas vieram primeiro, antes das modificações esqueléticas e musculares associadas ao voo modernamente equipado”.

Douglas – “Ah sim Bárbara, agora está ficando tudo mais claro”.

Karen – Bárbara, você poderia agora explicar mais sobre o caráter preditivo da ciência?

Bárbara – Sim Karen, falarei brevemente. A predição na ciência nada mais é do que a antecipação do conhecimento do fenômeno antes do fenômeno acontecer, possibilitada pelas teorias científicas construídas a partir de fatos bem compreendidos. Para se fazer uma predição usa-se os termos “**SE... ENTÃO**”. Exemplo: **SE** as penas estavam entre as primeiras etapas evolutivas na trajetória dos dinossauros às aves, **ENTÃO** o registro fóssil deverá conter esse tipo de forma de transição: dinossauros com penas em vários estágios de evolução. É mais provável que esses dinossauros com penas estivessem entre os **terópodes** (‘pés anormais’) – os dinossauros ágeis, bípedes e carnívoros, que incluem, por exemplo, o *Tyrannosaurus* (‘lagarto terrível’), o *Velociraptor* (‘raptador veloz’) e o *Compsognathus* (‘mandíbula elegante’). Em 2005, ao escavar bacias sedimentares de fósseis na província de Liaoning, na China, alguns paleontólogos desenterraram vários **terópodes** com penas, como o *Sinosauropteryx* (‘lagarto com asa chinês’), por exemplo”.

Douglas - "Certo Bárbara. Mas além desses, há outros fósseis de transição conhecidos”?

Karen: “Douglas, antes da Bárbara respondê-lo gostaria apenas de ler o exemplo que o livro didático traz sobre predição e que complementa essa explicação sobre o *Archaeopteryx*. O exemplo é o seguinte: ‘há cerca de 200 milhões de anos, o registro fóssil mostra abundância de **terópodes**, mas nada que se pareça com uma ave. Há 70 milhões de anos, vemos fósseis de aves que parecem bastante modernas. **SE** a evolução ocorreu, **ENTÃO** devemos esperar ver a transição de réptil para ave em rochas entre 200 e 70 milhões de anos atrás. A transição foi constatada com o *Arqueopteryx litografica* (asa antiga escrita na pedra) de 145 milhões de anos’. Pronto. Bárbara, agora pode responder ao Douglas”.

Bárbara – Douglas, há muitos fósseis de transição, por exemplo, entre peixes primitivos e anfíbios como o *Tiktaalik* (grande peixe de água doce, na língua inuíte do norte do Canadá), e entre répteis e mamíferos como o brasileiro *Pampaphoneus* (matador dos pampas). Na verdade os ‘elos perdidos’, não estão mais perdidos, pois foram, e continuam sendo, ‘encontrados’. Os **fósseis de transição** constituem evidências de **macroevolução**”.



Fóssil *Tiktaalik roseae*



Fóssil *Pampaphoneus biccai*

Fonte: <http://www-news.uchicago.edu/releases/06/060405.tiktaalik.shtml>
<http://saude.estadao.com.br/noticias/geral,>

Fonte:

estudo-descreve-

Karen: Bárbara, você poderia nos contar mais sobre o *Tiktaalik* e a predição feita para encontrá-lo?

Bárbara: Claro, Karen. O paleontólogo Neil Shubin desenterrou o fóssil *Tiktaalik* em 2006. Para encontrá-lo, Shubin pensou da seguinte maneira: *'Nós já temos fósseis de peixe de 385m.a.a e fósseis de anfíbios de 365m.a.a., portanto SE a evolução ocorreu como Darwin defendeu, ENTÃO se eu desenterrar fósseis nas camadas de solo entre 365 e 385m.a.a. encontrarei formas transicionais'*. Na mosca. Dito e feito! Hoje temos o *Tiktaalik roseae*, um belo fóssil de transição de 375m.a.a.

Douglas – “Ótimo exemplo Bárbara, mas toda vez que eu ensino evolução, aparece um estudante alegando: *'a evolução é contra a minha religião.'*”

Bárbara – “Sim Douglas, conheço professores que também pensam assim, mas a maioria das principais denominações religiosas tomou posições oficiais de aceitar a evolução. Ano passado, pedi aos alunos que entrevistassem seus ministros, padres, pastores e rabinos sobre os pontos de vista da sua religião sobre a evolução. A maioria dos alunos voltou realmente surpresa. *'Ei!* eles disseram, *'quanto à evolução está tudo bem'*. Isso desarmou a controvérsia na sala de aula”.

Douglas - "Você não tinha o Paulo em sua classe".

Karen - "Quem é Paulo?"

Douglas – “O filho de um membro do conselho escolar. Devido às visões religiosas de sua família, tenho certeza de que ele não voltaria dizendo que estava tudo bem com a evolução.”

Bárbara – “Essa pode ser uma situação difícil. Mas mesmo que o Paulo voltasse à aula dizendo que sua religião não aceita a evolução, poderia ajudar o professor a mostrar que existem muitos pontos de vista religiosos diferentes sobre a evolução. Esse é o ponto: pessoas religiosas ainda podem aceitar a evolução.”

Douglas - "Paulo nunca vai *acreditar* na evolução!"

Bárbara - Falamos sobre *acreditar* na evolução, mas essa não é necessariamente a palavra certa. Devemos **entendê-la**. Nós **aceitamos** a evolução como a **melhor explicação** para um grande número de observações, sobre fósseis, sobre a bioquímica, anatomia e fisiologia, e sobre mudanças evolutivas que podemos realmente ver, como a forma como as bactérias se tornam resistentes a certos medicamentos e como insetos pragas se tornam resistentes aos inseticidas. É por isso que as pessoas aceitaram a ideia de que a Terra gira em torno do Sol, porque ela explicava muitas observações diferentes que fazíamos. Na ciência, quando surge uma explicação melhor, ela substitui as anteriores."

Karen - "Isso significa que a evolução será substituída por uma teoria melhor algum dia?".

Bárbara - "Provavelmente não. Nem todas as velhas teorias são substituídas, e a evolução foi, e tem sido, muito bem **testada**, além de existir muitas evidências que a apoiam. A questão é que fazer ciência exige *estar disposto* a refinar nossas teorias para ser coerente com novas informações ou evidências".

Douglas - "Mas ainda temos o Paulo. Ele não quer nem ouvir falar de evolução. A irmã dele foi minha aluna por um ano. Ela criou uma confusão sobre a evolução, e eu disse que lhe daria nota de acordo com seu conhecimento dos conceitos evolutivos, e não sobre suas crenças a respeito do tema. Ela pareceu satisfeita com isso e, na verdade, teve um 'A' na matéria."

Karen - "Eu ainda acho que se você ensinar evolução, é justo ensinar ambos".

Bárbara - "O que você quer dizer com ambos? Se você quer dizer tanto a evolução quanto o criacionismo, que tipo de criacionismo você quer ensinar? Você vai ensinar a evolução e a Bíblia? E as outras religiões como o Budismo e Hinduísmo ou os pontos de vista dos indígenas americanos? Vai falar sobre Deus? Qual Deus? É difícil argumentar a favor de 'ambos', pois há muito mais do que duas opções."

Douglas – "Karen, eu não posso ensinar ao grupo todas as histórias de criação na minha aula de Bio e dar o mesmo valor da evolução".

Bárbara - Esse é o ponto. Não podemos adicionar conteúdos ao currículo de ciências apenas para ser justo com grupos que mantêm certas crenças. Ensinar ecologia não é justo para o poluidor, não é mesmo? Biologia é uma aula de ciência, e o que deve ser ensinado é ciência, embora a religião a tenha permeado ao longo de alguns séculos".

Karen - "Mas não existe algo chamado 'ciência da criação'? O criacionismo pode ser científico?"

Douglas - "Essa é uma história interessante. A 'ciência da criação' é a ideia de que as evidências científicas podem apoiar uma interpretação literal do Gênesis – a de que todo o Universo foi criado de uma só vez cerca de 10.000 anos atrás".

Karen - "Ela não parece muito provável, não é?"

Douglas - "Ela não é testável, além de se chocar com o todo o conhecimento acumulado em 200 anos de pesquisas científicas. A 'ciência da criação' é considerada anticientífica ou pseudociência.

Bárbara – “Por volta do início dos anos 1980, alguns estados norte-americanos aprovaram leis que exigiam que a ‘ciência da criação’ deveria ser ensinada sempre que a evolução fosse ensinada, mas a Suprema Corte descartou as leis de igualdade de tempo, afirmando que criacionismo era inerentemente uma ideia religiosa e não científica, não poderia ser apresentado como ‘verdade’ nas aulas de ciências”.

Karen - "Bem, eu estou disposta a ensinar evolução. E gostaria de tentar do seu jeito, Bárbara, como um tema que une toda a Biologia. Mas eu realmente não sei o suficiente sobre evolução para fazê-lo. Você tem alguma sugestão sobre onde posso obter informações?"

Bárbara - "Claro, eu ficaria feliz de compartilhar o que eu tenho. Mas uma parte importante do ensino da evolução tem a ver com explicar a natureza da ciência. Vou testar uma demonstração hoje, após as aulas, do que vou usar amanhã na minha aula de Biologia. Por que você não fica por aqui para testá-la juntas assim conversamos mais?"

Karen - "Tudo bem então".

Douglas – “Então até amanhã”.

Histórico dos casos julgados na Corte dos EUA referentes ao ensino de Evolução e Criação.

- 1→ Em 1925: Julgamento do Macaco de Scopes – “Butler Act” (Lei Butler): gerou o filme gravado em 1960 (e refilmado em 1999) chamado “**Inherit the Wind**” (**O Vento será tua Herança**).
- 2→ Em 1968: Epperson v. Arkansas.
- 3→ Em 1981: Segraves v. State of California.
- 4→ Em 1982: McLean v. Arkansas Board of Education.
- 5→ Em 1987: Edwards v. Aguillard.
- 6→ Em 1990: Webster v. New Lennox School District.
- 7→ Em 1994: Peloza v. Capistrano Unified School District.
- 8→ Em 2005: Kitzmiller v. Dover Area School District.

No Brasil

- 9→ Em 2014: **Projeto de Lei (PL) 8099/14** de Marco Feliciano - – Inserção do Criacionismo na Grade Curricular.

Art. 1º Fará parte da grade curricular nas Redes Públicas e Privadas de Ensino, conteúdos sobre criacionismo.

§ 1º - Os conteúdos referidos neste artigo devem incluir noções de que a vida tem sua origem em Deus, como criador supremo de todo universo e de todas as coisas que o compõe.

§ 2º - Didaticamente o ensino sobre criacionismo deverá levar ao estudante, analogamente ao evolucionismo, alternância de conhecimento de fonte diversa a fim de que o estudante avalie cognitivamente ambas as disciplinas.

- 10→ Em 2015: **Projeto de Lei (PL) 867/15** de Sr. Izalci – Diretrizes e Bases da Educação Nacional - "Progr. Escola sem Partido".

Art. 3º - São vedadas, em sala de aula, a prática de doutrinação política e ideológica bem como a veiculação de conteúdos ou a realização de atividades que possam estar em conflito com as convicções religiosas ou morais dos pais ou responsáveis pelos estudantes.

→ APÊNDICE E

**CONTROVÉRSIA CIENTÍFICA “WHITE-SARMIENTO” e
Ardipithecus ramidus (“Ardi”) Traduzido, adaptado e
organizado por Marcelo E. Bulla**

Comentário Técnico – PROPONENTE P1**A PALEOBIOLOGIA E A****CLASSIFICAÇÃO DE *Ardipithecus ramidus* -
SCIENCE/ 2 de Outubro de 2009**

Os 11 artigos dessa edição, representando o trabalho de uma ampla equipe internacional com diversas áreas de especialidades, descrevem *Ardipithecus ramidus* (apelidada de “**Ardi**”), uma espécie de homínídeo¹³⁰ datada em 4,4 milhões de anos e viveu na região do Vale Afar no nordeste da Etiópia.

Essa espécie, substancialmente mais primitiva do que *Australopithecus*, soluciona várias incertezas a respeito da evolução humana primitiva, incluindo a natureza do último ancestral comum compartilhado com os chimpanzés e bonobos.

Adipithecus ramidus foi um habitante de bosque com pequenos recortes de floresta. Aparentemente consumia pequenas quantidades de recursos em ambientes abertos, colcando-se contra a “hipótese da Savana”, a ideia de que uma habitação em pradarias foi a força que guiou a origem do caminhar ereto (ortogradia e bipedalismo).

¹³⁰ Primatas que pertencem à linhagem que deu origem aos humanos, após a separação da linhagem com os chimpanzés, há 6-7 milhões de anos.

Algumas informações a respeito de “Ardi”:

→ *Ardipithecus ramidus* foi primeiramente descrito em 1994 a partir de dentes e fragmentos de mandíbulas. Atualmente (2009) é representado por 110 espécimes (fragmentos fósseis), incluindo um esqueleto fêmea parcial.

→ Pesava por volta de 50kg e possuía 1,20cm de altura.

→ O tamanho do cérebro era tão pequeno quanto o de chimpanzés modernos (300-350 cm³; *Homo sapiens* possui cérebro com 1.350 cm³).

→ Os numerosos dentes recuperados e, principalmente o crânio, em grande parte completo (e pouco derivado, mais primitivo), mostram que *Ar. ramidus* tinha uma face pequena e um complexo canino/pré-molar reduzido, indicativo de agressão social mínima, além de consumir uma dieta predominantemente de vegetal C₃¹³¹.

→ Não possui adaptação para a mastigação “pesada” relacionada a ambientes abertos (visto em *Australopithecus* posteriores).

→ As mãos, braços, pés, pelve, e pernas, coletivamente, revelam que ele se movia muito bem nas árvores, apoiado em seus pés e em suas palmas (escalagem arbórea palmígrada), mas não há qualquer característica típica de suspensão, de escalada vertical ou de caminhar “sobre os nós dos dedos” (nodopedalismo) dos gorilas e chimpanzés modernos.

→ Possuía pé preênsil, devido ao osso cuneiforme medial (o pé derivado de *Australopithecus* não era preênsil).

¹³¹ Plantas que usam a via fotossintética C3, ou seja, via que gera como primeiro produto molecular estável uma molécula de 3 carbonos, o fosfoglicerato ou PGA.

→ No ambiente terrestre, utilizava uma forma mais primitiva de bipedalismo do que *Australopithecus*,

Assim sendo, *Ardipithecus ramidus* indica que:

1. O último ancestral comum de humanos e símios africanos **não era semelhante a chimpanzés** e que ambos, homínídeos e símios africanos modernos, são cada um altamente especializados devido a caminhos evolutivos muito diferentes.
2. Apesar da similaridade genética entre humanos e chimpanzés, o ancestral que compartilhamos (**CLCA**¹³²) provavelmente diferiu substancialmente de qualquer símio africano moderno, ou seja, nenhum símio moderno representa a caracterização da evolução de homínídeos primitivos, isto é, os chimpanzés **não** podem se utilizados como “*máquinas do tempo*” para compreendermos a evolução dos homínídeos.
3. O **CLCA** era *provavelmente* um palmígrado quadrúpede arbóreo escalador/trepador que não possuía especializações para suspensão, escalagem vertical ou nodopedalismo.
4. O **CLCA** *provavelmente* reteve uma dentição pós-canina/incisiva generalizada associada a uma dieta onívora/frugívora menos especializada do que aquela dos grandes símios modernos.
5. O **CLCA** *provavelmente* também combinava dimorfismo moderado dos caninos com um dimorfismo mínimo do tamanho do corpo e do crânio, provavelmente associados a um agonismo macho-macho relativamente fraco em um sistema de filopatria social masculina.

¹³² Último Ancestral Comum com Chimpanzés – Chimpanzees Last Common Ancestor (CLCA).

✚ IMPORTÂNCIA? Essa evidência ilumina as origens da ortogradia, do bipedalismo, da ecologia, da dieta e do comportamento social dos Hominidae mais primitivos e ajuda a definir a adaptação dos hominídeos basais, assim acentuando a natureza derivada de *Australopithecus*.

CONCLUSÃO: *Ardipithecus* combinava bipedalismo terrestre facultativo em um habitat de bosque com capacidades arbóreas retidas herdadas do **CLCA**. Esse conhecimento nos ajuda a compreender a evolução humana de *Australopithecus* e de *Homo*. Talvez a implicação (consequência) mais crítica de *Ar. ramidus* é a reafirmação da análise de Darwin: **Humanos não evoluíram de chimpanzés**, mas através de uma série de progenitores iniciando de um distante ancestral comum que ocupou as florestas antigas do Mioceno Africano.

Comentário Técnico – OPONENTE 01



**COMENTÁRIO SOBRE O ARTIGO A
PALEOBIOLOGIA E A CLASSIFICAÇÃO DE *Ardipithecus
ramidus* - SCIENCE, maio de 2010**

Esteban E. Sarmiento

Em uma série de artigos de pesquisa na edição de 2 de Outubro de 2009 da Science (1-11), *Ardipithecus ramidus*, um fóssil hominoide de 4,4 milhões de anos de idade do Plioceno, é noticiado como sendo um membro exclusivo da linhagem humana pós divergência dos símios africanos (um hominídeo no sentido clássico). No entanto, não existe apoio suficiente para esta alegação.

A tabela 1 lista as características comuns a *Ar. ramidus*, *Australopithecus anamensis* e *Au. afarensis*, incluindo as condições do caráter do hipotético último ancestral comum de humanos e símios africanos (**LCA**). No entanto, os autores:

1. **FALHAM** ao explicar como eles chegaram nestas condições de caráter do **LCA**. Ao contrário do que os autores descrevem em outros artigos (7, 10, 11), as condições de caráter do **LCA** listadas parecem ser guiadas não por análises sistemáticas, mas por interpretação evolutiva da *scala naturae* de **Lamarck** na qual chimpanzés expressam o primitivo e humanos o derivado.

2. **FALHAM** ao mostrar que os caracteres comuns *Ardipithecus/Australopithecus* fornecem evidência de uma relação ancestral-descendente e que são exclusivos para a linhagem hominídea e derivada-compartilhada com humanos.

Críticas de Sarmiento:

→ 14 das 26 características na tabela 1 em comum à *Ardipithecus* e *Australopithecus* estão no complexo canino/pré-molar. No entanto, a confiança no complexo canino/pré-molar para diagnosticar hominídeos (no sentido clássico) tem diagnosticado incorretamente símios fósseis do Mioceno (i.e., *Oreopithecus* e *Ramapithecus*) como ancestrais humanos primitivos.

Tentativas para ligar *Ar. ramidus* a uma linhagem humana exclusiva apontando, através de caracteres no pé, um duvidoso bipedalismo facultativo, não são convincentes.

Todos os caracteres bípedes de *Ar. ramidus* citados também servem a requisitos mecânicos do quadrupedalismo, e

no caso das proporções pé-segmentos de *Ar. ramidus*, encontram sua analogia funcional mais próxima daquelas dos gorilas, um quadrúpede terrestre ou semi-terrestre.

A integridade do pulso de *Ar. ramidus* e de remanescentes cranianos, onde vários dos caracteres dos hominídeos residem, poderiam ser usados para mostrar se *Ar. ramidus* é ou não um hominídeo

Muitos **estudos biomoleculares** nos últimos 40 anos têm chegado a uma data mínima para a divergência humano/símios africanos de aproximadamente 3 a 5 milhões de anos atrás. Com uma idade geológica de **4,4** milhões de anos, *Ar. ramidus* **provavelmente precede** a divergência humanos/símios africanos.

Portanto, mesmo que *Ar. ramidus* fosse um membro exclusivo da linhagem humano-chimpanzé-gorila, dada sua proximidade no tempo para essa divergência, seria difícil reconhecer isso de maneira inequívoca.

Parece prematuro usar *Ar. ramidus* para inferir diretamente a ecologia e a anatomia locomotora ou a origem de supostos sistemas sociais humanos, seleção de estratégias e comportamento sexual.

CONCLUSÃO de SARMIENTO: Estudos evolutivos humanos não são uma nova ciência onde cada nova descoberta revoluciona as interpretações do nosso passado. Um suposto fóssil ancestral que derruba quase tudo o que sabemos sobre nossa evolução e que se ajuste dentro de nossa linhagem é improvável.

**Comentário Técnico (Resposta) REAÇÃO DO
PROPONENTE P1 a O1**



**RESPOSTA AO COMENTÁRIO SOBRE A
PALEOBIOLOGIA E A CLASSIFICAÇÃO DE
*Ardipithecus ramidus***

Tim D. White, Gen Suwa, Owen Lovejoy

Sarmiento duvida que *Ardipithecus ramidus* represente um hominídeo cladístico (filogeneticamente no lado humano de nossa divergência com os chimpanzés).

Sarmiento argumenta que estudos **biomoleculares** precisos convergem sobre a data da divergência de aproximadamente 3 a 5 milhões de anos atrás, concluindo que *Ar. ramidus* “provavelmente **precede** a divergência humanos/símios africanos”. No entanto, suas estimativas citadas variam amplamente, além da confiança exagerada numa calibração inadequada.

Na verdade, a calibração mais forte é agora dos próprios hominídeos: os fósseis do fim do Mioceno encontrados no Chade, no Quênia e na Etiópia.

O diagnóstico inicial de *Ar. ramidus* identificou características do complexo C/P₃ e da base do crânio compartilhadas exclusivamente com os hominídeos posteriores. Estas características foram baseadas em amplas comparações com gêneros de símios atuais e do Mioceno,

incluindo *Sivapithecus*, *Kenyapithecus*, *Ouranopithecus*, *Lufengpithecus* e *Dryopithecus*.

Foram incluídos múltiplos caracteres do complexo **C/P₃**, bem como o forâmen magno localizado.

Nos **15 anos** que se seguiram, o status de hominídeo de *Ardipithecus* se tornou amplamente aceito e reforçado quando numerosas análises cladísticas independentes (que também incluem os mais recentemente **taxa** estabelecidos: *Australopithecus anamensis*, *Ardipithecus kadabba*, *Orrorin tugenensis* e *Sahelanthropus tchadensis*) encaixaram firmemente *Ar. ramidus* dentro do **clado** dos hominídeos.

A amostra dental grandemente expandida de *Ar. ramidus* agora impede as afirmações de **Sarmiento** pois ela estabelece a refinada **morfoclina**¹³³ *Ar. kadabba* – *Ar. ramidus* – *Au. anamensis* – *Au. afarensis*.

A feminização do **complexo C/P₃** masculino de *Ardipithecus* está robustamente documentado e é incompatível com o argumento de **Sarmiento** de que *Ar. ramidus* representa o **táxon tronco** para ambos humanos e símios africanos. Se esse fosse o caso, um complexo **C/P₃** humano-semelhante com ausência de caninos afiados precisaria ter evoluído em *Ar. ramidus*, apenas para ter independentemente revertido para os complexos caninos afiados em cada **clado** símio africano.

Sempre consideramos *Oreopithecus* e todos os outros fósseis símios quando do estabelecimento da **polaridade** da

¹³³ Série gradativa de estados de caráter homólogo ou uma gradação contínua de mudança anatômica no espaço e no tempo. Também chamada de “série de transformação”.

morfoclina. Se **Sarmiento** deseja modificar a **tabela 1** para gerar conclusões filogenéticas diferentes da nossa, então ele precisa explicar onde, por que e como nossas avaliações, dessas características, estão erradas.

Sarmiento desconsidera nossos resultados da pelve e da base do crânio, e novamente sem oferecer análises ou avaliações anatômicas alternativas. Nós fornecemos extensa informação relevante em nossos textos principais, além de figuras e material de apoio online. Nós mostramos que *Ar. ramidus* compartilha a condição derivada de uma pequena base craniana com o *Australopithecus*.

Embora aspectos isolados da morfologia pélvica de *Oreopithecus* possam, parcialmente, mimetizar aqueles de *Ar. ramidus*, elementos pós-cranianos cruciais desse estão, inequivocadamente, em direção derivada à condição de *Australopithecus*, para a exclusão de *Oreopithecus*. **Sarmiento** afirma que as morfologias femoral e pélvica estão “**abertas à interpretação**”, no entanto não oferece interpretações alternativas.

A distribuição dos caracteres na pelve, no complexo **C/P₃**, e na base craniana indica uma relação irmã de *Ar. ramidus* com *Australopithecus*.

Para que *Ar. ramidus* seja uma **espécie tronco** do **clado** humanos-símios africanos como defende **Sarmiento**, sua morfologia altamente derivada do **complexo C/P₃**, o encurtamento da base craniana e a estrutura ilíaca têm que ter emergido primeiro em algum ancestral do Mioceno ainda não identificado e depois então **revertido** para uma condição símio-

africano-semelhante. Tais reversões múltiplas e **não-parcimoniosas** de caracteres são altamente **improváveis**.



Ardipithecus ramidus E A
EVOLUÇÃO DA BASE DO CRÂNIO HUMANA – janeiro de 2014. INVESTIGAÇÃO ADICIONAL

William H. Kimbel, Gen Suwa, Berhane Asfaw, Yoel Raka and Tim D. White.

Aqui nós investigamos a morfologia da base do crânio de *Ar. ramidus* em busca de vestígios adicionais sobre sua posição filogenética em relação aos símios africanos, humanos e *Australopithecus*.

Além de um forame magno relativamente anterior, os seres humanos diferem dos símios no deslocamento lateral do forame carotídeo, abreviatura mediolateral da timpânica lateral e um elemento trapezoidal encurtado da base occipital.

Estes traços refletem uma ampliação relativa da base central do crânio, uma condição derivada associada a alterações na forma do tímpano e à extensão de seu contato com a petrosa. *Ar. ramidus* compartilha com *Australopithecus* cada uma dessas modificações humano-semelhantes.

Usamos a morfologia preservada da **ARA-VP 1/500** para estimar a redução do comprimento da base do crânio, com base em relações proporcionais consistentes em símios e humanos.

CONCLUSÃO de KIMBEL: Confirmamos que *Ar. ramidus* possui uma base cranial curta como em *Australopithecus* e em *Homo*. A reorganização da base do crânio está entre os marcadores morfológicos mais primitivos do **clado** *Ardipithecus* + *Australopithecus* + *Homo*.

Em outras palavras: para Kimbel e colegas, as novas análises da base cranial de *Ar. ramidus* apoiam a hipótese defendida por Tim White e equipe de que “**Ardi**” é um hominídeo.

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Título do Projeto: O papel das controvérsias científicas na construção do conhecimento biológico: investigando um curso de Formação Inicial e Continuada de Professores sobre Evolução Humana.

Pesquisador Responsável: Fernanda Aparecida Meghioratti (45) 3220-3238

Pesquisador Colaborador: Marcelo Erdmann Bulla (45) 3096-4513 e 9925-2177

Caro aluno de graduação em Ciências Biológicas e caro professor da Rede Básica de Ensino, é com satisfação que **CONVIDAMOS** vocês a participarem de nossa pesquisa, a qual é indispensável para o desenvolvimento da dissertação de Mestrado em Educação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Centro de Educação, Comunicação e Artes – CECA. A dissertação tem por objetivos: analisar alguns artigos científicos da revista *Science* e da revista *PNAS* referentes à controvérsia científica "White-Sarmiento" em relação ao fóssil hominoide *Ardipithecus ramidus* ("Ardi"), bem como discutir o papel dessas controvérsias no desenvolvimento de uma percepção crítica da ciência. Além disso, pretende-se contribuir para uma melhor compreensão da evolução biológica e da natureza do conhecimento científico mediante o desenvolvimento de uma sequência didática que abranja a evolução biológica e suas controvérsias científicas em um curso de formação inicial e continuada de professores.

Para o desenvolvimento da presente pesquisa será necessária a constituição de dados por meio de questionários aplicados aos participantes (os sujeitos da pesquisa: alunos da graduação e professores da rede básica), observações e vídeo-gravações do desenvolvimento do curso proposto. Na análise dos dados constituídos, os sujeitos da pesquisa serão identificados com a letra P como, por exemplo, P1, P2 e assim por diante, preservando, portanto, sua identidade.

Durante a execução do projeto os participantes poderão, a qualquer momento, se recusar a responder questionamentos que lhe causem qualquer forma de constrangimento. A participação no projeto é voluntária, não envolvendo pagamento nem recebimento de qualquer valor e podendo ser cancelada a qualquer momento. Para questionamentos, dúvidas ou relato de algum acontecimento por parte dos participantes, os pesquisadores poderão/deverão ser contatados sempre que necessário e a qualquer tempo. O TCLE será entregue em duas vias, uma ficará com o participante e a outra com o pesquisador. Os dados coletados serão utilizados apenas para fins científicos, sendo os resultados finais (relatório final, dissertação e trabalhos publicados) disponibilizados no colegiado do curso de Mestrado em Educação, e enviados por e-mail, para que todos os participantes que contribuíram e demais interessados tenham acesso.

Após ler e receber as explicações necessárias sobre a pesquisa e ter meus direitos assegurados de:

1. Receber resposta a qualquer pergunta e esclarecimentos sobre os procedimentos, riscos, benefícios e outros relacionados à pesquisa;
 2. Cancelar, a qualquer momento, a minha participação na pesquisa;
 3. Não ser identificado e ser mantido o caráter confidencial das informações fornecidas nos instrumentos de coleta de dados (questionários e gravações);
 4. Buscar esclarecimentos junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Unioeste – CEP/Unioeste, através do telefone (45) 3220-3272, em caso de dúvidas ou qualquer imprevisto.
- Declaro estar ciente do acima exposto e desejo participar da pesquisa.

Eu (nome do participante), _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar da pesquisa, sabendo que não vou ganhar nem pagar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelos pesquisadores, ficando uma via com cada um de nós.

Assinatura (participante): _____

Eu, Marcelo Erdmann Bulla, declaro que forneci todas as informações do projeto ao participante

e/ou responsável. Ass: Marcelo Bulla

Pesq. Responsável – Fernanda A. Meghioratti. Ass: Fernanda Ap. Meghioratti

Comitê de Ética em Pesquisa

Aprovado
25/06/15

Unioeste

Cascavel, ____ de ____ de 2015.