

**CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO:
INVESTIGANDO UM CURSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES REFERENTE À
EVOLUÇÃO BIOLÓGICA HUMANA**

Scientific controversies on biological knowledge construction: investigating a continued formation course for teachers with respect for human biological evolution

Marcelo Erdmann Bulla [marceloerdmannbulla@yahoo.com.br]

*Mestrado em Educação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Brasil.
R. Universitária, 1619 – Bairro Universitário, Cascavel-PR.*

Fernanda Aparecida Meghioratti [meghioratti@gmail.com]

*Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS) e Centro de Educação, Comunicação e Artes (CECA)
Mestrado em Educação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Brasil.
R. Universitária, 1619 – Bairro Universitário, Cascavel-PR.*

Resumo

A pesquisa aqui apresentada tem como tema central a evolução biológica humana, suas controvérsias científicas e a formação continuada de professores de ciências e biologia. Avaliamos o desenvolvimento de uma sequência didática sobre o tema, enfatizando a controvérsia científica referente ao suposto fóssil homínido *Ardipithecus ramidus* ("Ardi") em um curso de formação continuada para professores de Ciências e Biologia da rede básica pública de Cascavel-PR e região. O trabalho empírico envolveu a coleta de dados a partir das respostas fornecidas pelos professores a um questionário inicial e a um final. As análises e discussões dos dados permitiram evidenciar a importância das controvérsias científicas para o desenvolvimento do conhecimento científico e a urgência em inserir o conteúdo de evolução humana em disciplinas na formação inicial de cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas. É necessário também o oferecimento de cursos de formação continuada, que abordem tais conteúdos, para os docentes já inseridos nas escolas. Concluímos que ensinar biologia e ciências utilizando controvérsias científicas pode constituir-se em satisfatória ferramenta pedagógica para apresentar a história e a natureza da ciência, uma vez que a atividade científica é permeada por conflitos.

Palavras-Chaves: Controvérsias Científicas; Evolução Biológica Humana; Formação Continuada.

Abstract

The research here presented has as central theme the human biological evolution, its scientific controversies and the continued formation of science and biology teachers. We evaluate the development of a teaching sequence on the topic, emphasizing the scientific controversy regarding the supposed fossil hominid *Ardipithecus ramidus* ("Ardi") in a continued formation course for teachers of science and biology of basic public network Cascavel-PR and region. The empirical work involved collecting data from the responses provided by teachers to an initial questionnaire and a final. The analysis and data discussion has highlighted the importance of scientific controversy for the development of scientific knowledge and the urgency to insert the contents of human evolution in subjects on the initial formation of courses in licentiate of Biological Sciences. It is necessary also to offer continued formation courses to include such content for teachers already inserted in schools. We conclude that teaching biology and science using scientific controversies may be in satisfactory teaching tool to introduce the history and nature of science, since scientific activity is permeated by conflicts.

Keywords: Scientific Controversies; Human Biological Evolution; Continued Formation.

INTRODUÇÃO

A ciência se realiza por conflitos racionais, discussões conceituais e ideologias, sendo as controvérsias científicas (CC) parte fundamental do trabalho científico. Uma compreensão contextual da ciência implica no entendimento do papel das controvérsias nas comunidades científicas, na elaboração de teorias e na aceitação de determinadas ideias, bem como no entendimento de que aspectos sociais, políticos e econômicos podem influenciar na manutenção e resolução de uma dada CC. Assim, para uma percepção mais adequada da ciência na Educação Básica e no Ensino Superior é fundamental o estudo dessas controvérsias. Desse modo, esse artigo avalia o papel de uma CC recente a respeito da evolução biológica humana, em um curso de formação continuada de professores.

Diferentes pesquisadores têm realizado análises a respeito do papel das CC na construção da ciência e na compreensão da natureza da ciência (Dascal, 2005; McMullin, 1987; Narasimhan, 2001), ressaltando que as CC são frequentes nas diferentes áreas do conhecimento. Nesse sentido, Dascal (2005, p.78) argumenta que *“a ciência se manifesta em sua história como uma sequência de controvérsias”*. Ainda, o autor destaca que uma descrição adequada da História da Ciência está vinculada ao estudo das CC. Para ele, *“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”* (Dascal, 1994, p.77, ênfase no original). Esse mesmo autor esclarece o porquê das CC serem tão importantes para a ciência: *“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, ênfase no original). Dessa forma, evidencia-se a importância de se compreender o papel das CC no ensino de ciências, já que o estudo das controvérsias possibilita uma descrição mais adequada da história da ciência e da prática científica.

As CC, de acordo com McMullin (1987), podem conter dois fatores básicos: um epistêmico ou interno e um não-epistêmico ou externo. Dos fatores epistêmicos fazem parte os pressupostos teóricos, hipóteses, observações, lógica interna, interpretações, etc. Dos fatores não-epistêmicos fazem parte, por exemplo, os traços da personalidade do cientista - tais como a ambição por sucesso na carreira e a sensibilidade às críticas, a influência política, econômica, religiosa e cultural e a pressão pela instituição financiadora da pesquisa. Para o autor, é necessário que todos esses fatores sejam considerados para que tenhamos uma compreensão adequada do desenvolvimento das CC. Contudo, é importante destacar que em algumas CC tem-se a predominância de fatores epistêmicos e, em outras, de fatores não-epistêmicos (McMullin, 1987).

Um exemplo de CC com predominância de fatores epistêmicos é aquele que envolveu William Thomson (1824-1907), mais conhecido como Lord Kelvin de Largs, - um reconhecido físico da Grã-Bretanha do século XIX - e o naturalista Charles Darwin (1809-1882). Kelvin confrontava a chamada “doutrina da uniformidade” (uniformitarismo), a qual compreendia que os processos geológicos ocorrem de modo lento e contínuo durante toda a história do planeta Terra, ou seja, que os processos geológicos atuais são os mesmos que atuavam no passado. Essa ideia estava em oposição direta ao catastrofismo, que entendia as formações geológicas atuais como criadas mediante eventos catastróficos, tais como o dilúvio bíblico (Freeman & Herron, 2009, p.60). O uniformitarismo afirmava que a Terra era muito antiga, de modo que os processos geológicos atuando de forma lenta e constante puderam alcançar um efeito acumulativo que explicava a formação geológica atual (Gould, 1990). Em 1866, Kelvin escreve uma dissertação intitulada “A Doutrina da Uniformidade na Geologia Brevemente Refutada”, na qual defende que a idade da Terra deveria ser muito mais recente do que a apresentada nas discussões uniformitaristas, estando essa defesa pautada em cálculos de dissipação do calor do interior da Terra (Gould, 1990).

Darwin foi fortemente influenciado pela doutrina do uniformitarismo ao propor sua teoria da seleção natural (Mayr, 2009) e considerava os cálculos de Kelvin da idade da Terra uma grave objeção a sua teoria, no entanto sua perturbação não era compartilhada por Huxley nem por Wallace. Wallace argumentava que se a Terra tivesse somente 100 milhões de anos de idade deveríamos comprimir os processos de origem e desenvolvimento das formas de vida nesse tempo. Enquanto para Huxley a evolução poderia ocorrer tanto por meio de saltos quanto mediante a seleção natural lenta (Gould, 1990). Para Kelvin, inicialmente, a Terra teria 100 milhões de anos e no máximo 400 milhões, no entanto, ele modifica posteriormente a idade da Terra para 20 milhões de anos. Kelvin argumentava que o calor do interior da terra era um resíduo de seu estado original liquefeito e não uma quantidade permanentemente

renovada. O problema é que, e Kelvin não poderia saber, a maior parte do calor interno da Terra é constantemente gerada por decaimento radioativo, logo ele não tinha elementos na época para propor um cálculo que considerasse esses fatores. A proposta de Kelvin foi contraposta com a descoberta da radioatividade no início do séc. XX por Becquerel e pelo casal Curie. Contudo, é importante lembrar que apesar da forte oposição de Darwin a Kelvin, pelo fato de o primeiro defender o uniformitarismo e as mudanças evolutivas lentas, Huxley e Wallace aceitaram a idade proposta por Kelvin como compatível com a evolução e a maioria dos geólogos estava inclinada a aceitar a idade mínima de 100 ou máxima de 400 milhões de anos, mas não a de 20 milhões (Gould, 1990).

A controvérsia relatada teve novos elementos e evidências com os estudos de radioatividade de Becquerel e do casal Curie. Em 1898 o casal Curie propõe a existência de um elemento químico novo e lhe confere o nome “rádio”. Em 1903 Pierre Curie anuncia que os sais de rádio liberam constantemente calor (Gould, 1990). Hoje sabemos que *“a maior parte do calor interno da Terra é gerado pelo decaimento radiogênico, especialmente o decaimento de isótopos de urânio e tório e, em grau menor, de potássio 40”* (Monroe & Wicander, 2011, p. 212). Kelvin admitiu que a radioatividade invalidava algumas de suas afirmações, mas nunca publicou qualquer retratação (Gould, 1990). O exemplo apresentado expõe uma CC na qual os fatores epistêmicos, isto é, a inserção de novas evidências científicas, foi determinante para a resolução da controvérsia, afinal, como destacam Araújo & Mol (2015), o embate entre físicos, biólogos e geólogos só começa a ser resolvido com o advento da ideia de radioatividade.

Outro exemplo de CC clássica, mas na qual a influência de fatores não-epistêmicos preponderou, pelo menos por um período de tempo, foi a controvérsia ocorrida entre Louis Pasteur (1822-1895) e Félix Pouchet (1800-1872). Em geral, os livros didáticos de biologia apresentam o cientista francês Louis Pasteur como o cientista que, por meio de experimentos irrepreensíveis e impecáveis, “refutou em definitivo” a hipótese da geração espontânea. Contudo, Martins (2009, p.97) afirma que *“a história da geração espontânea é bem diferente daquilo que é contado nos livros didáticos”*. Um exemplo disso é a ausência, nos livros didáticos, de menção ao debate ocorrido entre Pasteur e outro cientista francês da época, Félix Pouchet.

Félix Pouchet, no seu livro *Heterogênese*¹ (1859) afirmava que sempre nasciam “animálculos” (animais microscópicos) onde quer que existissem água, ar e matéria orgânica em decomposição, mesmo após a fervura do material (Martins, 2009). Devido à conjuntura político-religiosa da época na França, como, por exemplo, o fato da Revolução Francesa ter derrubado o regime monarquista católico e, posteriormente, Louis Bonaparte, através de um golpe de Estado, ter se tornado imperador com o apoio da Igreja Católica e ter imposto à sociedade um regime autoritário e conservador, tendo a religião um papel central e dominante, as ideias da geração espontânea (e evolucionistas) eram consideradas perigosas, pois eram vistas como materialistas, revolucionárias e antirreligiosas. Pasteur era um religioso convicto e, portanto, atacava a geração espontânea (Martins, 2009). Nesse contexto ideológico (e talvez devido aos experimentos de Pouchet entre 1856-1859), em janeiro de 1860 a Academia de Ciências de Paris oferece um prêmio (Prêmio Alhumbert) àquele que, por meio de experimentos bem conduzidos, trouxesse novos esclarecimentos à questão da geração espontânea (Geison, 2002). A comissão formada para analisar os experimentos não simpatizava com as ideias de Pouchet e, portanto, não existia uma avaliação equilibrada dos trabalhos dos dois pesquisadores. Nesse contexto, Pasteur recebe em 1862 o Prêmio Alhumbert, sendo, posteriormente conhecido como o cientista que realizara experimentos conclusivos a respeito da questão, no entanto, muitos cientistas da época apoiaram Pouchet e a discussão ainda continuou por muitos anos (Martins, 2009). Percebe-se na CC Pasteur-Pouchet a forte influência de fatores não-epistêmicos permeando o debate. Apesar dos fatores epistêmicos estarem também presentes, os fatores não-epistêmicos parecem ter preponderados, por exemplo, na decisão relativa ao Prêmio Alhumbert, ainda que a comunidade científica da época estivesse dividida em relação às ideias heterogenistas. Martins (2009, p.79) destaca que *“na época, uma grande parte das pessoas cultas acreditou que Pouchet estava correto e que a Academia havia cometido um erro”*.

Com os dois exemplos relatados acima, percebemos como os fatores epistêmicos e não-epistêmicos estão presentes nas CC. Machamer, Pera e Baltas (2000, p.6) destacam que filósofos, historiadores e sociólogos da ciência contemporâneos têm reconhecido a influência de fatores não-epistêmicos no desenvolvimento científico e que esse reconhecimento torna *“evidente que a própria constituição do conhecimento científico é em si problemática e, por conseguinte, um objeto susceptível de*

¹Heterogênese é o termo que se refere ao surgimento de um ser vivo a partir de compostos orgânicos provenientes de outro ser vivo em decomposição ou através de infusões fervidas de partes de animais e plantas. Heterogênese não significa a origem de seres vivos a partir da matéria inorgânica (MARTINS, 2009).

controvérsia". Esses autores ainda destacam que a própria decisão do que vale a pena pesquisar se deve à mescla do social ou político com o epistemológico. Desse modo, a atividade científica não é uma simples "consulta às evidências" como argumentavam os positivistas lógicos. Machamer, Pera e Baltas (2000, p.6) concluem:

"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 lógicos".

De acordo McMullin (1987), para que uma discordância se configure em uma CC faz-se necessário um debate sustentado por ampla comunidade científica por um longo período. Para McMullin (1987, p.51), *"para contar como uma controvérsia, o desacordo deve ser contínuo. Há o argumento e o contra-argumento, e a troca é pública; expressa por ambos os lados na forma oral ou escrita, assim outros podem julgar o mérito do caso"*. O autor destaca que nem toda discordância ou desacordo entre os cientistas constitui-se em uma CC, uma vez que, *"um desacordo, não importa quão profundo seja, entre dois cientistas, não é suficiente para constituir uma controvérsia até que os termos desse desacordo sejam conhecidos pela comunidade científica geral. Assim, outros [cientistas] poderão tomar partido"* (McMullin, 1987, p.51-52). Esse autor esclarece ainda que:

"Em princípio, uma controvérsia é aberta a todos aqueles qualificados para compreender a questão posta. É, portanto, uma atividade da comunidade [científica], mesmo que tenha iniciado envolvendo apenas duas pessoas. Os protagonistas apelam para outros, os juízes; o resultado da controvérsia dependerá, não apenas das ações e argumentos dos protagonistas, mas da resposta a esses pela comunidade científica geral, ou pelo menos por parte da comunidade que se preocupou com o tópico disputado" (McMullin, 1987, p.52).

McMullin (1987, p. 53) argumenta que para podermos afirmar que uma CC existe é necessário que a comunidade científica julgue o caso, isto é, 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. A comunidade pode, é claro, estar errada em seu julgamento"*. Desse modo, a comunidade científica é quem julga o mérito da causa e é o juiz da questão em contenda. McMullin (1987, p.53) ainda afirma:

"A controvérsia é um evento histórico que possui uma data e um local. [...] não se pode avaliar o mérito dos argumentos apresentados por ambos os lados, deixando de lado questões de personalidade e de contingência histórica. Em particular, se alguém está interessado em compreender como as controvérsias terminam, não há outra alternativa senão considerá-las em sua plena realidade histórica. 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. As controvérsias podem ser tão diferentes em suas causalidades como qualquer outra atividade humana complexa".

Dessa maneira, para McMullin (1987), uma CC pode ser definida como *"uma disputa pública persistentemente mantida. [...] Cada lado argumenta que o outro está errado e que eles próprios têm razão [...] cada lado na controvérsia alega a autoridade da 'ciência' para sua visão"* (McMullin, 1987, p.51, ênfase no original). Narasimhan (2001, p.299), baseando-se nos pressupostos de McMullin (1987), apresenta uma definição muito semelhante, destacando que o desacordo deve ser considerado significativo *"por um número de cientistas praticantes"*. Essas definições, essencialmente a de McMullin (1987), gera três consequências: 1) uma CC é uma questão histórica, e não de momento ou de curto tempo e sua análise é principalmente a tarefa de um historiador da ciência; 2) uma CC estimula os participantes a demonstrar o quanto suas afirmações epistêmicas são bem fundamentadas; 3) uma CC exige, obrigatoriamente, o envolvimento ativo da comunidade científica e configura-se em um evento público. A característica de período prolongado de uma CC lhe confere a dimensão histórica, enquanto que a participação da comunidade científica lhe confere a fundamental dimensão social. Caracteriza-se também como um evento cognitivo devido ao confronto de alegações epistêmicas e é esse conjunto de forças que faz a ciência se desenvolver (McMullin, 1987; Narasimhan, 2001).

Segundo Kitcher (2000), há dois modelos principais (racionalista e antirracionalista) que tentam explicar como as CC 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 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”. (Kitcher, 2000, p.21).

Em relação aos dois modelos citados por Kitcher, podemos afirmar que, em geral, as CC abraçam os dois, com maior ou menor intensidade dependendo da área, da comunidade científica e dos contendentes. Há, geralmente, uma mescla dos dois modelos. A maneira de resolução de uma CC é complexa, não se pode simplificá-la. Em suma, podemos dizer que o surgimento e a manutenção de CC ocorrem em todos os tipos de formas e envolvem todos os tipos de fatores causais, sendo alguns fatores causais mais intensos e mais influentes do que outros. Em algumas CC a razão, o raciocínio e as evidências – fatores epistêmicos – são determinantes e, em outras, o são os fatores culturais e ideológicos – fatores não-epistêmicos.

Em relação às CC no campo da Biologia, quando as discussões ocorrem no campo da teoria da evolução biológica, essas são ainda mais intensas. Jablonka e 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”. Desse modo, entendendo a importância das CC na evolução biológica humana para construir uma visão mais crítica da ciência no contexto escolar é que o nosso problema de pesquisa, voltado para a formação continuada de professores de Ciências e Biologia, foi delineado.

A escolha do tema evolução biológica humana, para nortear nossas discussões sobre CC, Natureza da Ciência² e para a proposição de uma sequência didática para professores de Ciências e Biologia é justificada pelos seguintes motivos: 1) a área é pouco ou nada abordada durante a formação inicial de professores³ (Bernardo, 2013); 2) ausência de formação continuada na área (Coimbra, 2007); 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 (Bizzo, 1991; Moura & Silva-Santana, 2012; Hidalgo & Junior, 2014); 4) a paleoantropologia, área que estuda a evolução biológica humana, é uma área científica altamente controversa (Prothero, 2007) sendo, portanto, um excelente exemplo para demonstrar como a ciência é rica em divergências; 5) a temática é considerada tabu ao ser tratada no contexto escolar (Bizzo, 1991; Moura & Silva-Santana, 2012; Hidalgo & Junior, 2014); 6) existe a necessidade de elaboração e sugestão de materiais didáticos para os professores e alunos que auxiliem o ensino-aprendizagem na área (Medeiros, 2014); 7) há um baixo nível de compreensão, ou a compreensão inadequada, por parte de alunos e de professores da educação básica referente à evolução biológica (Cicillini, 1997; 1999; Tidon & Lewontin, 2004; Goedert; Leyser & Delizoicov, 2006; Castro & Augusto, 2009; Sepulveda & El-Hani, 2009; Corrêa et al., 2010; Oleques; Bartholomei-Santos & Boer, 2011; Medeiros, 2014).

São escassos os trabalhos (tanto artigos quanto dissertações e teses) envolvendo especificamente evolução biológica humana e formação (inicial e/ou continuada) de professores. Uma consulta ao Banco de Teses & Dissertações da CAPES (BTD-CAPES), por exemplo, entre os anos de 2004 e 2014⁴, utilizando como tema “evolução biológica humana e formação de professores” constata essa escassez. Entre os

²O termo Natureza da Ciência é utilizado como modo de representar os processos e modos de funcionamento da ciência. Nesse contexto, Silva & Moura (2008, p.1602-1) afirmam que o termo Natureza da Ciência corresponde a “um conjunto de conhecimentos sobre a ciência que trata de seus métodos, objetivos, limitações, influência, etc.”. As discussões referentes à Natureza da Ciência incluem questões a respeito: do desenvolvimento do conhecimento científico; da diferenciação da ciência de outras atividades humanas; da compreensão do que é fenômeno, fato, hipótese, lei, modelo e teoria; da possibilidade da ciência representar fielmente o mundo natural; do papel da criatividade, intuição e imaginação; da relação entre ciência, sociedade, política e cultura (São Tiago, 2011, p.7). McComas, Clough & Almazroa (1998, p. 5) afirmam que: “Para os educadores da ciência a expressão ‘a natureza da ciência’, é usada para descrever a interseção de questões abordadas pela filosofia, história, sociologia e psicologia da ciência como elas se aplicam e potencialmente impactam o ensino e a aprendizagem da ciência. Como tal, a natureza da ciência é um domínio fundamental para orientar os educadores em ciência na acurada representação da ciência aos estudantes”.

³Além das informações fornecidas por Bernardo (2013), constatamos essa lacuna na formação ao analisar currículos de Ciências Biológicas de várias universidades dos estados do Paraná e de São Paulo, dialogar com graduandos e professores universitários e aplicar um questionário aos participantes do curso de formação contendo uma pergunta direcionada à sua formação inicial.

⁴Atualmente estão disponíveis, para serem consultados e acessados, no site do BTD-CAPES apenas documentos de 2013 a 2016. Documentos anteriores a esse período também aparecem, mas não podem ser consultados nem acessados pelo site.

trabalhos encontrados temos: Neto (2004), Roma (2011), Oleques, (2010), Silva (2011), Goedert (2004), Mianutti (2010), Coimbra (2007) e Corrêa (2010), que abordam a evolução biológica e, de maneira breve, a evolução biológica humana. Não encontramos em nossa busca trabalhos que abordem CC recentes entre paleoantropólogos direcionados à formação de professores.

Moura e Silva-Santana (2012), mediante aplicação de questionários, realizaram uma investigação com o intuito de identificar se (e como) o tema evolução biológica 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 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 (Henrique, 2011, p.61). Ainda, Paesi e Araújo (2014), ao analisarem os livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático-2012 (PNLD-2012), observaram que o conteúdo referente à evolução humana apresenta ideias que podem reforçar a concepção antropocêntrica: a) filogenias que apresentam os humanos no canto superior direito; b) uso de classificação parafilética com o intuito de manter uma família (Hominidae) exclusiva para os humanos e não se mesclar com outros grandes símios; c) apresentar os hominídeos fósseis como espécies que de qualquer maneira surgiriam e evoluiriam para humanos, ou seja, como se existissem para tornarem-se humanos (Paes & Araújo, 2014).

Quanto ao escopo da pesquisa, especificamente, esse trabalho objetivou responder à indagação: é possível, por meio de um curso de formação continuada com ênfase nas CC do tema evolução biológica humana, contribuir para desenvolver uma percepção mais crítica do professor a respeito da natureza da ciência bem como uma melhor compreensão sobre evolução biológica humana? Com efeito, para alcançar tal resposta, elaboramos, aplicamos e avaliamos o desenvolvimento de uma sequência didática sobre evolução biológica humana, pautada em suas CC (especialmente sobre *Ardipithecus ramidus* – Ardi), em um curso de formação continuada com professores de Ciências e Biologia da rede básica pública de Cascavel-PR e região.

O destaque para a CC envolvendo *Ardipithecus ramidus* ocorreu pelo fato dessa controvérsia 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 savana⁵” 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 (e podem ser modificadas ou rejeitadas) por meio das pesquisas relacionadas com *Ardipithecus ramidus*. Dois critérios básicos estabelecidos por McMullin (1987) são cumpridos para que o desacordo White-Sarmiento seja considerado uma CC: (1) debate público (oral ou escrito, para que os outros cientistas possam julgar o mérito do caso) e (2) a relevância do conteúdo julgada pela comunidade científica. Apesar de aparecerem apenas dois nomes no título da CC, transmitindo a impressão de que se trata de apenas um cientista contra outro cientista, na equipe de Tim White, por exemplo, participam dezenas de cientistas de múltiplas áreas do conhecimento das ciências naturais e de diversos países.

A CC White-Sarmiento inicia-se oficialmente a partir da publicação de 11 artigos científicos sobre o fóssil *Ardipithecus ramidus* (Ardi) na edição de outubro de 2009 da Revista *Science*, sendo a revista integralmente dedicada a esses artigos. Em 2010, também na *Science*, edição de maio, são publicados dois artigos referentes ao fóssil de Ardi. Um deles, escrito pelo paleoantropólogo e primatólogo Esteban Sarmiento que contesta as pesquisas e conclusões de White e equipe e o outro artigo contém a resposta de White às acusações de Sarmiento. Para White e equipe, *Ardipithecus ramidus* é um fóssil posterior à divergência (separação) das linhagens que originaram os símios atuais e os humanos. Sarmiento (2010) discorda vigorosamente dessas afirmações e argumenta que White e equipe não fornecem evidências suficientes para uma “relação ancestral-descendente e de exclusividade para a linhagem hominídea” e afirma que estudos anatômicos e moleculares sugerem que *Ardipithecus ramidus* precede a divergência humanos-símios africanos (Sarmiento, 2010, p.1105-b). Em resposta à afirmação feita por Sarmiento de

⁵ Segundo essa hipótese (também chamada de Hipótese dos Campos Abertos), os ancestrais dos seres humanos “desceram das árvores” e se adaptaram em campos abertos, nas savanas africanas (White et al., 2009).

que *Ardipithecus ramidus* não é um fóssil da linhagem humana, White, Suwa e Lovejoy (2010) justificam porque chegaram à conclusão de que Ardi é um homínídeo.

“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 homínídeos, argumentando que Ardipithecus é velho demais para ser cladisticamente homínídeo. Sua alternativa filogenética, no entanto, é improvável porque ela requer caminhos evolutivos tortuosos e não-parcimoniosos” (White, Suwa & Lovejoy, 2010, p.1105-c).

Novas análises craniais foram realizadas em 2014 por William Kimbel que apoiam a hipótese de *Ardipithecus* ser um homínídeo primitivo (Kimbel et al., 2014). Entre os anos de 2009 e 2015 vários paleoantropólogos apresentaram diferentes opiniões referentes ao debate a respeito de Ardi (por exemplo, Tattersall, 2013; Lieberman, 2010; Wood, 2005; Klein, 2010; Hawks, 2011; Jungers, 2009; Gratão, Rangel Jr & Neves, 2015). O envolvimento de parte da comunidade científica em um debate público caracteriza assim o debate referente à Ardi como uma CC. Embora, a maior parte da comunidade tenha apoiado a ideia de Ardi ser um homínídeo ainda há muitas incertezas relativas a aspectos do debate (Pickering, 2013). Segundo Sarmiento (2010), para uma conclusão, precisaríamos de fósseis mais completos do pulso e do crânio. Seguindo a conceituação de Ernan McMullin (1987), nos parece que a CC apresentada se fundou, pelo menos em grande parte, em fatores epistêmicos.

É importante que não esqueçamos que a evolução biológica é o princípio central, organizador, orientador e unificador de todo o pensamento biológico. Carroll (2006, p.294) é enfático ao defender 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”*. Esse autor afirma 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).

Theodosius Dobzhansky (1900-1975), geneticista russo radicado nos EUA, escreve, em 1973, o artigo “Nothing in Biology Make Sense Except in the Light of Evolution” (“Nada na Biologia Faz Sentido Exceto sob a Luz da Evolução”). Tal título demonstra a enorme importância da evolução biológica como orientadora de toda a biologia e se tornou um pensamento muito utilizado e difundido pelos biólogos em todo o mundo. O biólogo Sean B. Carroll na citação acima reafirma a ideia de Dobzhansky mais de 30 anos depois. Dobzhansky (1973) enfatiza 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).

A centralidade da evolução biológica para a compreensão da Biologia de forma integrada também é ressaltada em pesquisas da área de Ensino de Biologia (Almeida & Falcão, 2005; Meyer & El-Hani, 2005; Corrêa et al, 2010; Zamberlan & Silva, 2012) e nas diretrizes curriculares nacionais. Para as Orientações Curriculares para o Ensino Médio ou PCN+⁶ (Brasil, 2006, p.22, grifo nosso) 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*

⁶ Orientações educacionais complementares aos PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais.

*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 focado 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”.*

Considerando a evolução biológica como eixo central da biologia e a evolução humana como temática pouco abordada tanto na Educação Básica como no Ensino Superior, justifica-se a delimitação do tema de pesquisa aqui desenvolvido. Além disso, a discussão referente à evolução biológica humana é rica em controvérsias, permitindo evidenciar o papel das CC na construção científica. Desse modo, o trabalho objetiva investigar o desenvolvimento de um curso de formação continuada de professores que foi amparado nas CC referentes à evolução biológica humana e o papel desse curso na compreensão da ciência e suas CC pelos professores participantes. Após uma breve defesa e justificativa teóricas do tema apresentamos a metodologia utilizada e em seguida os resultados e discussões.

METODOLOGIA

O curso de formação continuada analisado foi proposto de modo articulado à Pró-Reitoria de Extensão de uma universidade pública do estado do Paraná. Teve como público alvo professores da rede pública que tivessem interesse em participar. O curso aconteceu nos dois últimos sábados do mês de agosto (dias 22 e 29) de 2015, contabilizando um total de 16h presenciais (dois sábados, manhã e tarde) e 16h de estudos individuais (não presenciais) mediante material enviado por e-mail. Iniciaram o curso 12 professores, mas 11 participaram até o final e responderam ao questionário final, ou seja, coletamos dados escritos iniciais a partir de 12 participantes e dados escritos finais a partir de 11.

Essa pesquisa ocorreu através do desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática sobre evolução biológica geral e humana, conferindo ênfase à CC relacionada ao fóssil *Ardipithecus ramidus* (“Ardi”) entre os paleoantropólogos Tim White (2009; 2010) e Esteban Sarmiento (2010). Inicialmente, apresentamos alguns conceitos de evolução geral contemplando, brevemente, algumas discussões recentes no campo, como a Evo-Devo (Evolução e Desenvolvimento) e a epigenética. Assim, no primeiro dia (22/08/2015) o curso se baseou na abordagem da evolução biológica geral e no segundo dia (29/08/2015) o curso focou na evolução biológica humana.

Em relação à discussão sobre evolução biológica humana, fora aplicada, primeiramente, a atividade chamada “Afinal, viemos ou não viemos dos macacos?” (elaborada a partir de Ayala, 2010; Picq, 2012; Véras, 2013), pois esse questionamento é frequentemente encontrado tanto dentro quanto fora da escola e pode gerar bastante polêmica, portanto, torna-se indispensável ao professor compreender o assunto e conseguir melhor esclarecer a questão. Em seguida, realizamos uma apresentação expositiva dialogada, apresentando imagens de fósseis hominídeos, pesquisas científicas sobre o assunto e uma árvore filogenética hominídea, enfocando o fóssil de *Ardipithecus ramidus* e a CC White-Sarmiento. Após essa apresentação, assistiu-se a um trecho do documentário em DVD “Descobrimo Ardi” (Gasek & Paul, 2012) e em seguida foi entregue aos participantes um resumo dos artigos científicos referentes à CC White-Sarmiento para ser lido, analisado e discutido.

Cabe destacar que o projeto de pesquisa foi avaliado pelo Comitê de Ética da instituição e que todos os professores participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) no qual eram informados sobre os objetivos da pesquisa e autorizavam a realização da mesma. 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.

No decorrer do curso foram aplicados dois questionários: um no início, o Questionário Inicial (QI) e outro no fim, o Questionário Final (QF). O QI, com 20 questões, versou a respeito do ensino de evolução biológica geral e, principalmente, evolução biológica humana e suas CC, bem como solicitou a formação acadêmica (inicial) de cada professor participante. O QF, com 10 questões, abordou, principalmente, os conteúdos trabalhados ao longo da formação continuada realizada.

O curso contou com 11 professores que participaram de todas as atividades, obtendo 100% de frequência e um professor com frequência de 75%, pois não participou da tarde do 2º dia de curso. Portanto, as análises do QI foram realizadas a partir dos dados obtidos de 12 participantes e as análises do QF a partir de 11 participantes. Todos os 12 professores que participaram dessa pesquisa possuem licenciatura plena em Ciências Biológicas.

A utilização dos questionários como instrumentos de constituição de dados se justifica pelo fato dos questionários permitirem maior segurança para o sujeito da pesquisa, uma vez que as respostas não são identificadas, assim, há maior liberdade em razão do anonimato e menos risco de distorção pela influência (pequena) do pesquisador (Marconis & Lakatos, 2003). Além disso, o questionário tem vantagens de obterem respostas mais precisas e com mais uniformidade na avaliação, em virtude da natureza impessoal do instrumento (Marconis & Lakatos, 2003). Para esse artigo foram selecionados apenas alguns dados que consideramos mais representativos das respostas aos questionários.

As respostas dos professores foram analisadas segundo os critérios de Análise de Conteúdo de Laurence Bardin (1977). As categorias foram criadas a partir da análise de unidades de significados identificadas no *corpus* da pesquisa. Foram criados três eixos de análises para as questões do QI: “Percepção do professor a respeito das Controvérsias Científicas”, “Compreensão relativa à Evolução Biológica Humana” e “Evolução Biológica Humana na Formação Inicial de Professores”. Para o QF, os eixos foram: “Percepção do professor a respeito das Controvérsias Científicas”, “Compreensão relativa à Evolução Biológica Humana” e “Percepção do professor a respeito do curso de formação continuada”. Para cada eixo foram criadas algumas categorias de acordo com a análise das unidades de significado a partir das respostas fornecidas pelos professores. A seguir apresentaremos alguns resultados e discussões, nos quais as análises serão exploradas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados empíricos obtidos através dos questionários QI e QF serão apresentados e analisados separadamente para contrastar as concepções dos professores no decorrer do curso e visualizar possíveis mudanças de concepções a respeito das CC e da evolução biológica humana.

Análise das Respostas dos Professores ao Questionário Inicial (QI)

Percepção do professor a respeito das Controvérsias Científicas (CC)

Para identificar as percepções dos professores relativas às Controvérsias Científicas foi apresentado um breve diálogo entre dois biólogos evolucionistas que discordavam a respeito das interpretações de um mesmo fóssil, supostamente homínideo. A partir desse diálogo o professor foi questionado a respeito do papel das controvérsias científicas de modo a avaliar a compreensão inicial do professor antes do desenvolvimento do curso.

Quadro 1. Respostas referentes às Controvérsias científicas – Questionário Inicial.

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	RESPOSTAS
1. 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).
2. 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.
3. 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.

A partir da análise das unidades de significado que emergiam das respostas foram elaboradas três categorias: 1) Controvérsia científica como instrumento para o avanço e desenvolvimento da ciência; 2) Controvérsia científica como instrumento para reflexão e revisão; 3) Controvérsia científica como instrumento para novos fatos, teorias e descobertas.

Na primeira categoria, os sujeitos P3, P5, P10, P11 e P12 argumentaram que as CC são importantes por promoverem o desenvolvimento e o avanço da ciência. Percebemos que esses professores já percebem o papel das CC para reestruturar e sistematizar o conhecimento científico. Na segunda categoria, o professor P2 também destaca a importância das CC ao estimularem a revisão e reflexão de, por exemplo, metodologias e conceitos. Como o professor não argumenta que tais reflexões e revisões contribuem para o avanço ou desenvolvimento da ciência inserimos P2 em uma categoria própria. Na terceira categoria são encontradas respostas que relacionam as CC com a elaboração de leis, teorias, programas de pesquisa, desenvolvimento do pensamento humano e novas descobertas. Nesse sentido, Dascal (1994, p.78) argumenta sobre a importância dos desacordos para a elaboração de teorias ao afirmar

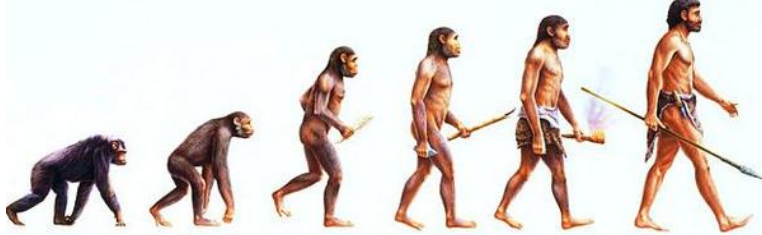
que “nas controvérsias é onde se exerce a atividade crítica, se constitui dialogicamente o sentido das teorias, se produzem as mudanças e inovações” (Dascal, 1994, p. 78). Também Ridley (2006) ao falar sobre a CC entre seleção natural e deriva genética aleatória na biologia evolutiva destaca que a discussão seletcionismo versus neutralismo estimulou “um dos programas de pesquisa mais valiosos na biologia evolutiva” (Ridley, 2006, p.123).

Percebemos que os professores que participaram da pesquisa já tinham inicialmente uma visão de que as CC estão intrínsecas ao conhecimento científico. Notamos, contudo, que apenas um sujeito (P12) destaca, nesse momento, a influência de aspectos pessoais como parte dos motivos que sustentam uma CC. O professor P12 cita a vaidade como um dos aspectos relacionados às controvérsias científicas. Esse aspecto também é ressaltado por pesquisadores, tais como Barber (1961), Mayr (2008) e Futuyama (2009). Outros aspectos, tais como os sociais, políticos e econômicos não apareceram nos discursos dos professores.

Compreensão relativa à Evolução Biológica Humana

Nesse item discutimos as respostas fornecidas pelos professores a uma questão do QI referente à evolução biológica humana. A questão trazia uma imagem que fora muito difundida (hoje menos) na mídia e até mesmo em livros didáticos⁷ mais antigos, mas que é equivocada em termos evolutivos. Assim, o professor era questionado a respeito de a imagem representar a evolução humana bem como solicitado que justificasse seu posicionamento. O quadro 2 apresenta a questão e as respostas dos professores divididas nas seguintes categorias de análise: 1) A imagem não representa a evolução humana; 2) A imagem representa a evolução humana; 3) Resposta confusa ou deslocada; 4) Não sabe.

Quadro 2. Categorização das respostas dos professores à questão sobre Evolução Biológica Humana – Questionário Inicial.

A figura abaixo representa a evolução biológica humana?		
		
Fonte: http://veja.abril.com.br/noticia/saude/papel-carne-evolucao-humana Acessado em 31 de outubro de 2014.		
Justifique.		
CATEGORIAS	SUJEITOS	RESPOSTAS
1. A imagem não representa a evolução humana.	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 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.

⁷ Por exemplo, em Cardoso, Gonçalves & Cardoso. (1996). *Ciências da Escola para a Vida*. Belo Horizonte: Lê.

	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.
2. 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 das adaptações que o homem realizou para sobreviver.
3. Resposta confusa.	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.
4. Não sabe.	P11	Eis a questão. Realmente não sei. Não sei responder.

A ilustração acima propaga a ideia equivocada de que a evolução prossegue de modo linear e progressivo. Contudo, o processo de evolução biológica é, no contexto científico, 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). Todavia, 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 colegas (1994, 2009, 2010, 2015) 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 chimpanzé⁸. Argumentam esses pesquisadores que *Ardipithecus ramidus* “indica que nenhum símio moderno é um representante real para a caracterização da evolução de homínidos primitivos” (White et al., 2009, p.85). Alguns anos depois esses mesmos pesquisadores reafirmam tal ideia ao estabelecerem que

“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 homínidos mais primitivos – e nossos parentes vivos mais próximos – evoluíram” (White et al., 2015, p. 4877).

⁸Mesmo 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.

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, ou seja, 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).

Passemos agora às análises e discussões referentes às respostas fornecidas pelos professores à questão proposta. As respostas dos professores foram agrupadas em quatro categorias (ver Quadro 2): 1) “A imagem não representa a evolução humana”, que agrupou as respostas que argumentaram que a figura tratava de uma imagem equivocada; 2) “A imagem representa a evolução humana”, constituída de respostas que argumentaram que tal figura representa sim a evolução humana, mesmo que a explicação-justificativa não esteja adequada; 3) “Resposta confusa ou deslocada”, elaborada por respostas de pouca clareza e/ ou que pareciam não se “encaixar” na pergunta, isto é, estavam fora de contexto e não respondiam à pergunta; 4) “Não sabe”, constituída por apenas uma resposta, na qual o professor explicita que de fato não sabe a resposta para a pergunta.

Os professores P2, P3, P5, P9 e P10 afirmaram adequadamente que a imagem não representava 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.

Os professores P2, P3 e P5 apresentaram uma justificativa um pouco confusa do porque a imagem não representava a evolução humana. P2 argumentou que a imagem tentava dar uma ideia de ancestralidade, que o homem tinha se originado do macaco, mas que a figura ignorava outros ramos da evolução humana. De fato, 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. O destaque de P2 quanto ao ignorar os “ramos” da evolução humana é fundamental, afinal a evolução ocorre de forma ramificada. Referente à afirmação de que “o ser humano veio do macaco”, podemos afirmar como válida tal afirmação, desde que muito bem esclarecida. Isto é, se voltássemos no tempo, cerca de 23 milhões de anos, no início do Mioceno, e observássemos a população de primatas que começou a se divergir e que posteriormente originaria os hominídeos (e os outros símios) provavelmente a chamariamos de macacos. Ou então, se voltarmos 6 a 7 milhões de anos e pudéssemos vislumbrar a população ancestral dos chimpanzés e dos hominídeos talvez a chamássemos de macacos, grandes macacos, macacos antropóides, primatas antropóides, entre outros termos. O professor P3 argumentou que a figura estava equivocada, pois “*homens e primatas apresentam um ancestral em comum, divergindo posteriormente em seus grupos*”. Contudo, o ser humano evoluiu de populações de primatas antigos, o que evidencia um equívoco na resposta. 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 impossibilita o compartilhamento de ancestrais.

P4 e P8 afirmaram que a imagem representava a evolução biológica humana, o que não é correto. Também as explicações utilizadas para justificar tal conclusão são inadequadas. P4 entende que a figura representava a evolução biológica humana uma vez que “[...] *as necessidades humanas para determinadas condições da Terra obrigaram essas espécies a se adaptarem para sua existência*” e P8 tenta argumentar que 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). 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). 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 & Lamb (2010)).

As explicações dos professores P1, P6, P7 e P12 ficaram bastante confusas ou simplesmente não respondem à pergunta. Consideramos que as respostas assim foram dadas ou porque os professores não sabiam a resposta e mesmo assim tentaram respondê-las ou porque não compreenderam bem a pergunta.

O Quadro 3 apresenta as respostas referentes à indagação sobre a presença do conteúdo de evolução biológica humana na formação inicial (graduação) dos professores participantes da pesquisa. As respostas dos professores a essa questão foram organizadas em três categorias de análise: 1) Não, não tiveram aula a respeito de Evolução Biológica Humana; 2) Sim, tiveram aula a respeito de Evolução Biológica Humana; 3) Não lembra.

Quadro 3. Categorização das respostas dos professores sobre a presença da Evolução Biológica Humana na Formação Inicial – Questionário Inicial.

Na sua graduação (formação inicial) você teve aula sobre evolução biológica humana (EBH)? () não. () sim. Especifique (como foi):		
CATEGORIAS	SUJEITOS	RESPOSTAS
1. Não, não tiveram aula a respeito de Evolução Biológica Humana.	P1	Não. Foi abordado, visto sim, mais específico não.
	P2	Não.
	P5	Não.
	P10	Não.
	P11	Não.
2. Sim, tiveram aula a respeito de Evolução Biológica Humana.	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.
3. Não lembra.	P12	Devo ter tido, mas não me lembro, me formei em 1980.

Nas respostas, cinco professores afirmaram que não tiveram aulas sobre evolução biológica humana na graduação, 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 teve aulas de evolução humana, devido sua graduação ter sido concluída em 1980. As outras seis respostas (P3, P4, P6, P7, P8, P9 e P12) afirmam que tiveram aula sobre evolução humana, no entanto, quase 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 P4 que não indica tais termos. Lembramos novamente que todos os professores que participaram dessa pesquisa possuem licenciatura plena em Ciências Biológicas e, portanto, deveriam ter tido esse assunto em suas formações iniciais bem como o conceito de evolução biológica no geral.

Por ser controversa a temática sobre evolução humana emerge com bastante frequência entre os alunos da Educação Básica (Castro & Augusto, 2009; Sepulveda & El-Hani, 2009; Corrêa et al., 2010; Oleques; Bartholomei-Santos & Boer, 2011; Moura & Silva-Santana, 2012; Hidalgo & Junior, 2014), sendo fundamental que o professor esteja preparado para trabalhar de maneira adequada com o assunto. Esses dados indicam que o conceito de evolução biológica e evolução biológica humana devem ser trabalhados de maneira aprofundada na formação inicial, inclusive com criação de disciplinas que contemplem especificamente essas temáticas. Todavia, mesmo o conceito de evolução biológica ainda é pouco trabalhado 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.

Análise das Respostas ao Questionário Final (QF)

Nesse item apresentaremos as respostas dos 11 professores que responderam ao QF.

Percepção do professor a respeito das Controvérsias Científicas (CC)

O QF foi aplicado aos professores ao término do curso de formação continuada. Aqui analisaremos duas questões que versavam sobre o papel das CC na construção do conhecimento científico. A primeira dessas questões é semelhante à questão inicial apresentada no Quadro 1. O objetivo foi analisar as respostas antes e após o curso de formação para compará-las e identificar alterações nas percepções dos professores. A questão traz um pequeno debate entre dois paleoantropólogos a respeito das interpretações do suposto fóssil homínido, *Ardipithecus ramidus*. As respostas dos professores foram analisadas e as categorias elaboradas baseadas nas unidades de significado.

Quadro 4. Categorização das respostas dos professores em relação à controvérsia científica de *Ardipithecus ramidus* – Questionário Final.

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, Suwa & Lovejoy, 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*⁹ como você interpreta o papel (a função) das controvérsias científicas na construção da ciência?

CATEGORIAS	SUJEITOS	RESPOSTAS
1. Controvérsias científicas como instrumento para o avanço	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

⁹White, T.D. Asdaw, B.; Beyene, Y.; Haile-Selassie, Y.; Lovejoy, C. O.; Suwa, G.; Woldegabriel, G. (2009) *Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids. In: Science, 2 de outubro, v. 326, p.64, 75-86, DOI: 10.1126/science.1175802, <http://www.sciencemag.org>. Acesso em 01/04/2014

Sarmiento, E. (2010) Comment on the Paleobiology and Classification of *Ardipithecus ramidus*. In: Science, 28 de maio, v. 328, 1105, DOI: 10.1126/science.1184148, <http://www.sciencemag.org>. Acesso em 01 abr. 2014.

White, T. D.; Suwa, G.; Lovejoy, C. O. (2010) Response to Comment on the Paleobiology and Classification of *Ardipithecus ramidus*. In: Science, 28 de maio, v. 328, 1105, DOI: 10.1126/science.1185462 <http://www.sciencemag.org>. Acesso em 01 abr. 2014.

Kimbel, W. H.; Suwa, G.; Asfaw, B.; Rak, Y.; White, T.D. (2014) *Ardipithecus ramidus* and the evolution of the human cranial base. In: PNAS, 948–953, January 21, v.111 n.3. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1322639111.

e desenvolvimento da ciência.		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.
	P3	Que para ciência crescer se faz diante de muitos estudos, interações sociais a crítica e os argumentos elevam esse patamar das relações evolutivas.
2. 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.

Percebemos que o conteúdo das respostas dos professores no QF e QI é bastante semelhante. Grande parte dos sujeitos da pesquisa apresentou a concepção de avanço e de desenvolvimento da ciência e argumentaram que as CC são de grande relevância, ou até indispensáveis, para esse avanço. Cabe aqui refletir que em um trabalho futuro é importante discutir a respeito da existência ou não de progresso na ciência, entendemos que como o assunto era extenso e a formação continuada teve um tempo limitado, precisaríamos de um tempo maior para abordar esse debate. Destacamos a seguir alguns elementos que consideramos relevantes por destacar fatores pessoais ou sociais que poderiam influenciar na construção científica.

O professor P10 destaca a presença do “ego” na construção do conhecimento científico, com a fala “*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). É 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 em uma CC.

O professor 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, ênfase no original). Percebe-se que o professor P5 reconhece a presença de ideologias no desenvolvimento dos projetos de pesquisas. Nesse contexto, questões como o financiamento da pesquisa e os objetivos da mesma tornam-se relevantes.

Outra questão que discutiu o papel das CC está apresentada no Quadro 5. Essa questão apresenta especificamente a CC entre os pesquisadores Tim White (2009, 2010) e Esteban Sarmiento (2010), estudada no curso de formação continuada, e solicita que o professor tome um posicionamento sobre a mesma. Nas respostas a essa questão a inclusão dos aspectos sociais se faz mais evidente e indica alguns elementos que foram ressaltados nas discussões do curso de formação continuada.

Quadro 5: Categorização das respostas dos professores ao posicionamento a respeito da controvérsia White-Sarmiento – Questionário Final¹⁰

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	RESPOSTAS
1.Controvérsia científica carregada de valores sociais.	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.
2.Controvérsia científica não carregada de valores sociais.	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 hominídeo 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.

¹⁰ 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 do professor, mesmo que ele pudesse não se posicionar, não elencou elementos do pensamento dos autores discutidos na questão, e, portanto, não pode ser analisada.

	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 foi categorizada	P6	Esse tipo de controvérsia tem apenas estímulo para meu desenvolvimento cultural, não me obrigando a um posicionamento na vida em sociedade.

A primeira categoria de análise (Controvérsia científica carregada de valores sociais) dessa questão enfatiza a presença de certos fatores não-epistêmicos influenciando a CC. A outra categoria (Controvérsia científica não carregada de valores sociais) enfatiza os fatores epistêmicos (McMullin, 1987) da CC discutida. É possível que fatores não-epistêmicos estejam em jogo na controvérsia analisada, pois a própria ambição por reconhecimento científico é um fator não-epistêmico quase sempre presente nas discussões científicas (Barber, 1961; McMullin, 1987; Dascal, 1994; Machamer; Pera & Baltas, 2000; Narasimhan, 2001; Lacey, 2003). Percebemos que ao longo das discussões relacionadas à CC White-Sarmiento alguns professores mudaram de posicionamento, observando maior ou menor influência de fatores não-epistêmicos na CC apresentada.

Os sujeitos P3, P4 e P8 argumentaram a presença de certos fatores não-epistêmicos (valores sociais) permeando a CC White-Sarmiento. Por exemplo, P8 identifica (segundo sua própria interpretação) na CC entre White e Sarmiento a presença de ideologias opostas (que para nós é mais bem entendida como linhas e tradições de pesquisas distintas) e também a acusação de Sarmiento de que a postura defendida por White esteja carregada de ambição para valorizar seus estudos. Na fala de P8, White apresenta uma série 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”*. Nos artigos estudados no curso de formação continuada 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, 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).

Apesar de não podermos afirmar a questão da ambição ou valores pessoais nos trabalhos de White e colaboradores, a fala de P8 demonstra que ele está pensando o contexto da ciência de forma mais ampla, levantando hipóteses de fatores que poderiam influenciar a construção científica.

Os sujeitos P1, P2, P5, P7, P9, P10 e P11 não enfatizaram, em suas respostas, a presença de valores sociais ou pessoais na CC White-Sarmiento, centrando suas respostas, em geral, nos fatores epistêmicos (científicos) do debate, ou seja, na análise e comparação direta de fósseis e a na necessidade de mais fósseis e mais evidências para tomar uma posição mais consistente e sustentada. Compreendemos que os fatores 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). Todavia, como afirma Gil-Perez et al. (2001), é preciso compreender o carácter social do desenvolvimento científico. Assim, o trabalho dos homens e mulheres de ciência não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico.

Como exemplo de falas que evidenciam os fatores epistêmicos, citamos a do professor P9 e a do professor P11. Para 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*”. E para 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*”. Nessas falas é possível evidenciar a presença do argumento do grau de consistência da ideia proposta por White e colaboradores e o papel das evidências na articulação e defesa de um argumento científico.

O professor P10 cita a CC Darwin-Wallace trabalhada no primeiro dia de curso para evidenciar a importância da CC White-Sarmiento: “*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*”. E conclui falando a respeito da CC entre White-Sarmiento que “*White e Sarmiento só estão contribuindo para o avanço científico e a formação de novos pesquisadores*” (P10). Darwin e 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 nos 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).

Na história da ciência existiram momentos de controvérsias, mas também de possibilidades de sínteses, mesmo que temporárias, de aspectos comuns dos posicionamentos defendidos. Assim, as controvérsias podem caminhar para momentos em que algumas questões e problemas obtêm certo consenso.

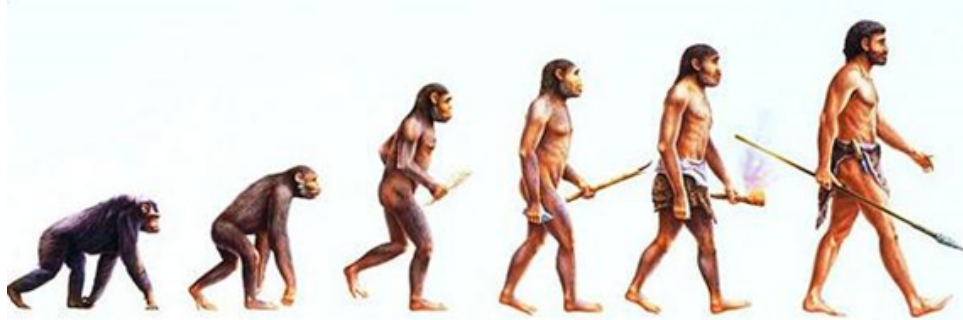
Compreensão relativa à Evolução Biológica Humana

O Quadro 6 apresenta a questão do questionário final relativa à compreensão a respeito da Evolução Biológica Humana. Para tanto, a questão apresenta duas imagens, a primeira mostra a ideia de uma evolução linear (Figura a) e a segunda uma evolução ramificada (Figura b). O professor é solicitado a escolher qual figura representa melhor a Evolução Biológica Humana e, em seguida, justificar sua escolha. 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 porquê escolheram a Figura b. Alguns explicando de maneira correta (a maioria), outros de maneira incorreta, confusa ou obscura. Assim, enquadrámos as 11 respostas em três categorias: 1) Figura b, evolução não é linear; 2) Figura b, presença dos ancestrais; 3) Figura b, explicação não satisfatória.

Quadro 6. Categorização das respostas dos professores referente Evolução Biológica Humana – Questionário Final.

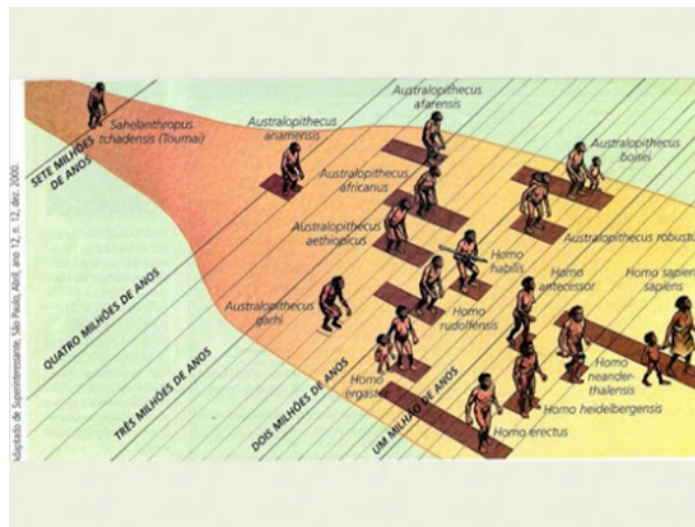
Observe e analise as duas figuras abaixo (Figura a e Figura b). Qual delas representa mais corretamente a evolução biológica humana? Explique porque chegou à conclusão que chegou.

Figura a



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

Figura b



Fonte: <http://pt.slideshare.net/vitoriacancelli/lbum-de-imagens-4-evoluo-humana> Acesso em 31 de outubro 2014.

CATEGORIAS	SUJEITOS DA PESQUISA	RESPOSTA
Figura b, evolução não é linear.	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 evidencia.
	P10	Figura B. A evolução do homem não é de forma linear.
	P11	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.

Figura b, presença dos ancestrais.	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 à 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.

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, consequentemente, 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*”, o que está correto. Algumas respostas também citaram, além do conceito de linearidade, a presença do ancestral comum na Figura *b* como P2 ao afirmar que “*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)*”. 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 ramificada (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 o porquê chegaram a essa escolha. 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. A resposta fornecida por P6 não responde a indagação do porquê escolhera a Figura *b*, pois não explicita a relação da teoria de Darwin citada e quais as ideias recentes a que se refere.

Ainda uma última observação, para finalizar a discussão da questão, em relação aos argumentos utilizados pelos professores P11 e P1. Argumenta P11 que “*a figura a me levava a entender que um macaco se tornaria um humano, mas isso não me convencia*”, e P1 afirma que “*a figura A apresenta a ideia que o macaco se transformou no ser humano*”. Os professores P11 e P1 utilizaram o argumento “o macaco se tornou/transformou em humano” como algo equivocado que os levou a rejeitar a Figura *a* e escolher a Figura *b*. Entretanto, a ideia de que “o macaco se transformou em humano” ou de que “o homem surgiu do macaco”, dependendo da interpretação que se dá, pode ser considerada válida como discutido anteriormente. É indispensável que essa questão fique esclarecida ao professor para que ele possa ensiná-la adequadamente. Nesse sentido, uma das atividades (baseada em Ayala, 2007; Picq, 2012; Véras, 2013) ao longo do curso de formação continuada desenvolvido abordava a questão “afinal, viemos ou não do macaco?”. Tal questão foi escrita no quadro e, aos 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. E, portanto, percebemos que após o curso de formação os professores conseguiram responder e interpretar mais adequadamente as imagens fornecidas pela questão referente à evolução biológica humana no questionário final, sugerindo a aprendizagem auferida durante essa formação. Contudo, como indicamos, ainda permanecem respostas com algumas distorções, o que demonstra a dificuldade do professor ao trabalhar com essa temática e a necessidade de um tempo de formação maior a respeito da evolução humana.

Percepção do professor a respeito do curso de formação continuada (FC)

A próxima questão (Quadro 7) trata da relevância do curso de FC desenvolvido para os professores. Apesar de todos os professores terem afirmado que o curso fora relevante suas respostas se diferenciaram quanto ao subsídio ou recurso que consideraram importantes. Alguns destacaram o conteúdo sobre a evolução biológica (subsídios epistêmicos), outros a didática e metodologia apresentadas (subsídios didático-metodológicos) e outros ainda o material pedagógico fornecido (“subsídios materiais 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 levou em conta o subsídio dominante na resposta.

Quadro 7: Categorização das respostas dos professores referentes ao curso de formação continuada realizado – Questionário Final

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 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 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 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 Materiais 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.

Percebemos que o curso, dentro de suas limitações de tempo, conseguiu fornecer subsídios para o professor refletir e aprender o tema bem como sugerir materiais e metodologias que poderiam ser incluídas nas aulas dos professores. P1, P2, P7 e P11 destacaram o conteúdo do curso, ou seja, o subsídio epistêmico. Como exemplos dessas respostas podem ressaltar a fala de P1 e P11. Para P1: *“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 *“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). P11 destaca que *“[...] 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”*. Isso demonstra que o curso conseguiu auxiliar o professor na construção de novos conhecimentos e no contato com novas discussões que estão ocorrendo na área. Os professores P9 e P10 destacaram de maneira sucinta os aspectos didáticos e metodológicos tanto no desenvolvimento do curso (P10) como elementos que podem ser utilizados na metodologia de suas aulas (P9). Os professores P3, P4, P5, P6 e P8 destacaram o conjunto de materiais destinados ao ensino-aprendizagem, tais como, livros, filmes, vídeos, textos, debates, figuras e artigos científicos. 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 dar oportunidade de o professor aprender novos conceitos e metodologias bem como refletir a respeito de sua prática na sala de aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendemos que ensinar biologia e ciências utilizando CC pode constituir-se em ótima ferramenta pedagógica para apresentar a história da ciência e sua natureza, uma vez que a atividade científica é permeada por conflitos e batalhas intelectuais, além de serem, as controvérsias, o contexto dialógico natural em que se elaboram as teorias e se constitui seu sentido. Apresentar a imagem científica como permeada por controvérsias 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.

Pelo fato de nos depararmos com ideias discordantes na ciência, o estudo das CC auxilia na prevenção da doutrinação de uma única ideia. Ainda, estimula a análise de diferentes argumentos contribuindo para o desenvolvimento do raciocínio lógico bem como a percepção da influência, em menor ou maior grau, do contexto histórico-cultural (fatores não-epistêmicos) da sociedade onde estão inseridas. No momento em que os fatores epistêmicos são deixados em segundo plano e os fatores não-epistêmicos, tais como, preferências políticas, culturais, sociais, religiosas, enfim, ideológicas, são o mote e a razão da discordância, a resolução da controvérsia se torna difícil e até impossível. Daí a relevância das controvérsias para a ciência e para o ensino de ciências, pois nelas podemos perceber a racionalidade ou a irracionalidade da construção do conhecimento científico.

O curso desenvolvido teve como objetivo auxiliar o professor a compreender de maneira mais profunda a evolução biológica humana e mostrar que essa área é rica em divergências, não sendo fechada para novas pesquisas e reestruturações conceituais. Utilizar um exemplo de CC 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 pela qual abordamos o conteúdo no âmbito didático-metodológico possibilitou um maior interesse e envolvimento dos professores.

Em relação à indagação inicial levantada nesse trabalho *“É possível, por meio de um curso de formação continuada com ênfase nas CC do tema evolução biológica humana, contribuir para desenvolver uma percepção mais crítica do professor a respeito da natureza da ciência bem como uma melhor compreensão sobre evolução biológica humana?”*, os dados apresentaram aspectos positivos na compreensão dos professores, mas também algumas limitações.

A relevância do curso, de acordo com os professores, se deu em decorrência do fato de que muitas dúvidas e dificuldades conceituais foram resolvidas bem como pela apresentação de novas discussões na área de evolução biológica. Muitos professores não tiveram aulas sobre evolução biológica humana na sua formação inicial e, portanto, possuíam poucos conhecimentos relativos ao assunto, e aqueles que as tiveram (exceto um) alegaram tê-las de maneira muito superficial e breve, pois não havia (e não há na maioria das vezes) essa disciplina no currículo. Dessa maneira, pensamos ser fundamental propor ao menos uma disciplina optativa que aborde a evolução biológica humana nos cursos de Licenciatura em

Ciências Biológicas, pois esse é um tema recorrente nos questionamentos dos alunos na Educação Básica e o professor deve ser formado para trabalhar e responder a esses questionamentos de forma adequada. Além dessa sugestão para resolver o problema da formação inicial, configura-se também urgente o oferecimento de cursos de formação continuada sobre evolução biológica geral e humana para os docentes já inseridos nas escolas.

Apesar do destaque que concedemos à evolução biológica humana nesse trabalho, 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 (evolução biológica geral) em sala de aula, constatação já apresentada há, pelo menos, 20 anos, por muitos outros pesquisadores.

Este estudo apresentou algumas limitações decorrentes do tempo disponível, por exemplo, a não aplicação (embora tenha sido apresentada e explicada) de uma atividade prática por nós elaborada, que havia sido proposta inicialmente, chamada “Montando uma Filogenia de Hominídeos no Chão da Sala de Aula”. Essa atividade foi sugerida como forma de os professores trabalharem com os alunos o processo ramificado da evolução biológica humana. 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 da 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. Apesar das limitações identificadas, consideramos que o curso de formação proposto contribuiu para um melhor entendimento da biologia evolutiva humana e do processo de construção do conhecimento científico-biológico.

Entendemos que cursos de formação continuada não deveriam ter como objetivo principal preencher lacunas e corrigir falhas deixadas pela formação inicial, mas a reflexão e formação constante do professor bem como oportunidades de discutirem conceitos em reconstrução na ciência bem como aspectos didático-metodológicos. Nesse sentido, apesar do curso permitir que os professores resolvessem dúvidas e revisitassem sua aprendizagem também trabalhou com problemas atuais no campo da pesquisa em evolução biológica humana, com artigos recentes da área, oferecendo oportunidade de professores já formados discutirem sobre divergências atuais do conhecimento biológico. Além disso, em diferentes momentos do curso os professores tiveram oportunidades de discutir sua prática docente, por exemplo, as dificuldades no ensino de evolução biológica para alunos da Educação Básica. Naturalmente, não há nem como “ensinar tudo” nem como “aprender tudo” o que é ensinado, entretanto, não se pode prescindir de alguns conteúdos, para a formação tanto do biólogo quanto do professor de biologia e ciências, e o conceito de evolução biológica é um desses conceitos chaves que deve ser trabalhado em profundidade.

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 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 espécies, 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 dos fenômenos naturais e do ambiente.

Esperamos que essa pesquisa tenha se constituído em um contributo, mesmo que pequeno e com limitações, para refletir a respeito do ensino de evolução biológica humana e a formação de professores dada a importância e a negligência com que o tema vem sendo tratado. Consideramos que há ainda um longo e difícil caminho a ser percorrido, constituindo-se como um campo fértil de trabalho para outros pesquisadores.

REFERÊNCIAS

Almeida, A. V. & Falcão, J. T. R. (2005). A Estrutura Histórico-Conceitual dos Programas de Pesquisa de Darwin e Lamarck e sua Transposição para o Ambiente Escolar. *Ciência & Educação*, 11 (1), 17-32.

- Araújo, D. F. & Mól, G. S. (2015). A Radioquímica e a Idade da Terra. *Química Nova na Escola*, 37 (3), 164-171.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin's Gift to Science and Religion*. Washington, DC: Joseph Henry Press.
- Ayala, F. J. (2010). *Am I a Monkey?* Maryland: John Hopkins University Press.
- Barber, B. (1961). Resistance by Scientists to Scientific Discovery. *Science*, 134, 596-602.
- Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Martins Fontes.
- Bernardo, D. V. (2013). Entrevista com Danilo Vicensotto Bernardo: *Fala, Doutor - Diversidade Craniana Humana e suas Implicações Evolutivas*. Recuperado de <http://univesptv.cmais.com.br/fala-doutor/fala-doutor-danilo-icensotto-bernardo-diversidade-craniana-humana-e-suas-implicacoes-evolutivas>
- Bizzo, N. (1991). *Ensino de Evolução e História do Darwinismo*. (Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo). Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48133/tde-16082013-145625/pt-br.php>
- Brasil. (2006). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. PCN+. Brasília. MEC.
- Cardoso, A. M. S., Gonçalves, H. A., & Cardoso, M. A. B. (1996). *Ciências da Escola para a Vida*. Belo Horizonte: Lê.
- Carroll, S. B. (2006). Endless Forms Most Beautiful. *The New Science of Evo-Devo*. New York: Norton & Company.
- Castro, N.B.L., & Augusto, T.G.S. (2009). Análise dos Trabalhos sobre o ensino de Evolução Biológica. In *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, SC. Recuperado de <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1416.pdf>
- Cicillini, G. A. (1997). *A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do Ensino Médio: a Teoria da Evolução como exemplo*. (Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas). Recuperado de <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000114537>
- Cicillini, G. A. (1999). Concepções de Evolução de professores em escolas públicas do Ensino Médio. In *IV Escola de Verão*, 4 (pp.127-131), Uberlândia.
- Coimbra, R. L. (2007). *A Influência da Crença Religiosa no Processo de Ensino em Evolução Biológica*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Luterana Brasileira, Canoas). Recuperado de <http://www.ppgecim.ulbra.br/teses/index.php/ppgecim/article/view/68/62>
- Corrêa, A. L. (2010). *História e Filosofia da Biologia na formação inicial de professores: Reflexões sobre o conceito de evolução biológica*. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências, Universidade Estadual de São Paulo, Bauru). Recuperado de http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90944/correa_al_me_bauru.pdf
- Corrêa, A. L., Meglhoratti, F.A., Araujo, L.N.N., & Caldeira, A.M.A. (2010). História e Filosofia da Biologia como ferramenta no Ensino de Evolução na formação inicial de professores de Biologia. *Filosofia e História da Biologia*, 5(2), 217-237.
- Dascal, M. (1994). Epistemologia, Controvérsias e Pragmática. *Revista da SBHC*, 12, 73-98.
- Dascal, M. (2005). *A Dialética na Construção Coletiva do Saber Científico*. Recuperado de <http://www.tau.ac.il/humanities/philos/dascal/publications.html>
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125-129.
- Freeman, S., & Herron, J. C. (2009). *Análise Evolutiva*. (4ª ed). Porto Alegre: Artmed.

- Futuyma, D. (2005). *Evolution*. Nova York: Sinauer Associates, Inc.
- Futuyma, D. (2009). *Biologia Evolutiva*. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora.
- Gasek, P. & Paul, D. (2012). *Descobrimos Ardi*. Novodisc Midia Digital da Amazônia Ltda. Barueri, São Paulo.
- Geison, G. L. (2002). *A Ciência Particular de Louis Pasteur*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Gil-Perez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153.
- Goedert, L. (2004). *A Formação do Professor de Biologia na UFSC e o Ensino da Evolução Biológica*. (Dissertação em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis). Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/101549/213161.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Goedert, L., Delizoicov, N. D., & Rosa, V. L. (2003). A Formação de Professores de Biologia e a Prática Docente: O Ensino de Evolução. In Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, (pp 1-11) Bauru, SP.. Recuperado de <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL012.pdf>
- Goedert, L., Leyser, V., & Delizoicov, N. D. (2006). A Formação do Professor de Biologia na UFSC e o Ensino da Evolução Biológica. *Contexto e Educação*, 21, 13-41.
- Gould, S. J. (1990). *O Sorriso do Flamingo. Reflexões sobre história natural*. Ciência aberta. São Paulo: Martins Fontes.
- Gratão, M. S., Rangel Jr, M. J., & Neves, W. A. (2015). Primeiros Bípedes. In Neves, W. A.; Rangel Junior, M. J. & Murrieta, R. S. S. (Org.). *Assim Caminhou a Humanidade*. São Paulo: Palas Athena.
- Hawks, J. (2011). Meet Ardipithecus ramidus. 04 out. 2011. Recuperado de <http://johnhawks.net/explainer/laboratory/meet-ardipithecus/>
- Henrique, R. S. (2011). *Evolução Humana: O que Pensam os Estudantes Ingressantes em um Curso de Ciências Biológicas sobre o Assunto?* (Monografia apresentada, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Licenciatura em Ciências Biológicas. São Paulo) Recuperado de http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/1o_2012/Biblioteca_TCC_Lic/2011/1o_2011/RAFAEL_DOS_SANTOS_HENRIQUE.pdf
- Hidalgo, M. R., & Junior, A. L. (2014). 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). Ponta Grossa, PR.
- Jablonka, E., Lamb, M. J. (2010). *Evolução em Quatro Dimensões*. DNA, Comportamento e História da Vida. São Paulo: Companhia das Letras.
- Jungers, W. (2009). Ardi tinha características humanas? *Scientific American Brasil*. Recuperado de http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/ardi_tinha_caracteristicas_humanas_.html
- Kimbel, W. H., Suwa, G., Asfaw, B., Rak, Y., & White, T.D. (2014). *Ardipithecus ramidus* and the evolution of the human cranial base. *PNAS*, 111(3), 948–95.
- Kitcher, P. (2000). Patterns of Scientific Controversies. In Machamer, P.; Pera, M. & Baltas, A. (Org.). *Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives*. (pp. 21-39) New York: Oxford University Press.
- Klein, R. G. (2010). *Fóssil considerado maior descoberta de 2009 é contestado*. Postado em 31 mai 2010, às 09h56 e atualizado às 10h35. Recuperado de: http://noticias.terra.com.br/ciencia/pesquisa/fossil-considerado-maior-descoberta-de-2009-e-contestado,649959d9e3837310VgnCLD10000bbcontroversia_cientificaeb0aRCRD.htm

- Lacey, H. (1998). *Valores e Atividade Científica*. São Paulo: Discurso Editorial.
- Lacey, H. (2003). Há uma distinção relevante entre valores cognitivos e sociais? *Scientiae Studia*, 1(2), 121-149.
- Lieberman, D. E. (2015). *A História do Corpo Humano*. Evolução, Saúde e Doença. Rio de Janeiro: Zahar.
- Machamer, P., Pera, M., & Baltas, A. (2000). Scientific Controversies: An Introduction. In Machamer, P.; Pera, M.; & Baltas, A. (Org.). *Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives*. (pp. 3-17) New York: Oxford University Press.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos da Metodologia Científica*. (5ª ed). São Paulo: Atlas.
- Martins, L. A. P. (2009). Pasteur e a Geração Espontânea: Uma História Equivocada. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 65-100.
- Mayr, E. (2008). *Isto é Biologia: a ciência do mundo vivo*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Mayr, E. (2009). *O Que é a Evolução*. Rio de Janeiro: Rocco.
- McComas, W.F., Clough, M.P., & Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. *Science & Education*, 7(6), 511-532.
- McMullin, E. (1987). Scientific controversy and its termination. In. Engelhardt Jr., H. T., & Caplan, A. L. (Org.). *Scientific controversies: Case studies in resolution and closure of disputes in science and technology*. (pp.49-92). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Medeiros, T. A. (2014). *Recusa ao Espírito Científico? Resistência ao aprendizado da teoria da evolução por futuros professores de ciências*. (Dissertação de mestrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis). Recuperado de http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/8832
- Meyer, D., & El-Hani, C.N. (2005). *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: UNESP.
- Mianutti, J. (2010). *Uma proposta de formação continuada de professores de biologia em Mato Grosso do Sul: de manuais didáticos à obras clássicas no estudo de evolução biológica*. (Tese de Doutorado em Educação para a Ciência. Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo) Recuperado de http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102007/mianutti_j_dr_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Monroe, J. S., & Wicander, R. (2011). *Fundamentos de Geologia*. São Paulo: Cengage Learning.
- Moura, J. C. S., & Silva-Santana, C. C. (2012). A evolução humana sob a ótica do professor do ensino médio. *Revista Metáfora Educacional*, 13, 93-108.
- Narasimhan, M. G. (2001). Controversy in science. *Journal of Biosciences*, 26(3), 299-304.
- Neto, A. P. C. (2004). *A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados*. (Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis). Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87246/210787.pdf?sequence=1>
- Oleques, L. C. (2010). *Evolução Biológica: Percepções de Professores de Biologia de Santa Maria*. (Dissertação de Mestrado em Educação em Ciências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre). Recuperado de http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3392
- Oleques, L. C., Bartholomei-Santos, M. L., & Boer, N. (2011). Evolução Biológica: percepção de professores de biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 243-263.
- Paesi, R. A., & Araújo, A. M. (2014). Evolução Humana nos Livros Didáticos e Biologia: o antropocentrismo em questão. In *Salão UFRGS: X Salão de ensino da UFRGS*. Porto Alegre. Recuperado de http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/110386/Ensino2014_Resumo_34857.pdf?sequence=1
- Pickering, T. R. (2013). *Rough and Tumble: Aggression, Hunting, and Human Evolution*. University of California Press, Ltda.

- Picq, P. (2012). *As Origens do Homem Explicadas para Crianças*. São Paulo: Unesp.
- Prothero, D. R. (2007). *Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters*. New York: Columbia University Press.
- Ridley, M. (2006). *Evolução*. (3ª ed). Porto Alegre: Artmed.
- Roma, V. N. (2011). *Os livros didáticos de biologia aprovados pelo programa nacional do livro didático para o ensino médio (PNLEM 2007/2009): a evolução biológica em questão*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo, São Paulo). Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81133/tde-31052012-104844/pt-br.php>
- São Tiago, M. F. (2011). *'Natureza da Ciência' através do exemplo do desenvolvimento das ideias que levaram à Gravitação Universal* (caderno do professor). (Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro). Recuperado de http://www.ifufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Marcelo_SaoTiago/caderno_do_profesor.pdf
- Sarmiento, E. (2010). *Comment on the Paleobiology and Classification of Ardipithecus ramidus*. *Science*, 328 (1105). Recuperado de <http://science.sciencemag.org/content/sci/328/5982/1105.2.full.pdf>
- Sepulveda, C., & El-Hani, C. N. (2009). 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*. (pp. 21-45). Campinas: Komedi.
- Silva, M. G. B. (2011). *Um estudo sobre a evolução biológica como eixo norteador do processo de formação do professor de Biologia*. (Dissertação de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências. Universidade Federal da Bahia, Salvador). Recuperado de https://twiki.ufba.br/twiki/pub/PPGEFHC/DissertacoesPpgefhc/Maria_Grazi%E9lle_Bossi_da_Silva_2011.pdf
- Silva, C. C., & Moura, B. A. (2008). A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(1), 1602.
- Sterelny, K. (2007) *Dawkins vs. Gould*. Survival of the Fittest. Australia: Allen & Unwin Pty Ltda.
- Tattersall, I. (2013). *Masters of the Planet*. The Search for Our Human Origins. New York: Palgrave Macmillan.
- Tidon, R., & Lewontin, R. C. (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27(1), 124-31.
- Véras, R. (2013). *Afinal, viemos ou não viemos dos macacos? Três respostas possíveis*. Recuperado de <http://evolucionismo.org/profiles/blogs/afinal-viemos-ou-nao-viemos-dos-macacos-tres-respostas-possiveis>
- Wallace, A. R. (2007). *My Life. A Record of Events and Opinion*. New York: Cosimo Classics.
- White, T. D., Suwa, G. & Asfaw B. (1994). *Australopithecus ramidus*, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia. *Nature*, 371, 306-312.
- White, T. D., Asfaw, B., Beyene, Y., Haile-Selassie, Y., Lovejoy, C. O., Suwa, G., & Woldegabriel, G. (2009). *Ardipithecus ramidus* and the Paleobiology of Early Hominids. *Science*, 326(5949), 75-86.
- White, T. D., Suwa, G., & Lovejoy, C. O. (2010). Response to Comment on the Paleobiology and Classification of *Ardipithecus ramidus*. *Science*, 328 (5982), 1105.
- White, T. D., Lovejoy, C. O., Asfaw, B., Carlson, J. P., & Suwa, G. (2015). Neither chimpanzee nor human, *Ardipithecus* reveals the surprising ancestry of both. *PNAS*, 112(16), 4877–4884.
- Wood, B. (2005). *Human Evolution*. A Very Short Introduction. New York: Oxford University Press.

Zamberlan, E. S. J., & Silva, M. R. (2012). O Ensino de Evolução Biológica e sua Abordagem em Livros Didáticos. *Educação & Realidade*. 37(1), 187-212.

Recebido em: 15.03.2016

Aceito em: 27.06.2016