

DIÁLOGOS ENTRE EVOLUÇÃO HUMANA E TEMPO GEOLÓGICO NA PERSPECTIVA CTSA: APLICAÇÃO DE UMA SEQUENCIA DIDÁTICA A PARTIR DO CONTEXTO DA CIDADE DE AIMORÉS

Dialogues between human evolution and geological time in a CTSA perspective: A Didactic Sequence applied from the Aymorés City (Brazil) context.

Ágda da Silva Géra [agdagera@yahoo.com.br]

Celcino Neves Moura [celmsn@msn.com]

Vasty Veruska Rodrigues Ferraz [vveruska@terra.com.br]

Manuella Villar Amado [manuella@ifes.edu.br]

Carlos Roberto Pires Campos [carlosr@ifes.edu.br]

Programa de Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática - EDUCIMAT

Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Vitória

Avenida Vitória, 1729 – Jucutuquara, Vitória, Espírito Santo. CEP 29040-780

Resumo

O tema Evolução Humana, como parte integrante do currículo de Ciências, pode adquirir um enfoque mais abrangente quando correlacionado ao estudo do tempo geológico. Esse binômio pode auferir uma nova roupagem se analisado da perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), agregando valor a este saber tão necessário ao desenvolvimento de uma cidadania verdadeiramente emancipadora para os educandos de um mundo globalizado. Temos alterado de forma rápida a configuração do planeta, fato que precisa ser discutido. Em face do aumento das predatórias ações antrópicas, este é o momento propício para se abordarem os conteúdos relacionados à evolução humana, articulados a temas de Geologia, em especial, o tempo geológico, de forma dialógica com princípios da sustentabilidade conforme os preceitos CTSA. Este trabalho discute a aplicação de uma Sequência Didática (SD) para alunos do ensino médio de escola pública da cidade de Aimorés, Minas Gerais, que objetivou dialogar aspectos pedagógicos da evolução humana no desenrolar do tempo geológico e as ameaças de ações antrópicas a um futuro sustentável no desenvolvimento humano da perspectiva do movimento CTSA. Ao final conseguimos construir um sentido crítico e propiciar atitudes de questionamento sistemático, de modo a compreender os fundamentos da ação humana na terra.

Palavras-chave: Tempo Geológico, Ações antrópicas, Evolução Humana; Sequência Didática

Abstract

Human Evolution as part of the science curriculum can get a more comprehensive approach when correlated to other issues such as Geological Time. The approach from the CTSA perspective adds value to the mediation of knowledge so necessary to the development of a truly emancipatory citizenship for students of a globalized world. Man has changed quickly the course of the Earth history, and this needs to be discussed. Focusing human actions, this is the right time for an approach of issues like Human Evolution linked to Geology contents, in particular geological time, in a dialogic way based upon the sustainability principles defended by the CTSA movement. This article discusses the application of a Didactic Sequence (DS) for high school students from public schools in a city in Minas Gerais aimed to dialogue pedagogical aspects of human evolution in the course of geological time and the threat of human activities to a sustainable future in human development. At the end we managed to build a critical sense and provide a systematic questioning about men attitudes in order to understand the fundamentals of human action in Earth.

Keywords: Geological time, Anthropic Actions, Human Evolution, Didactic Sequence

Introdução

A origem e a evolução do homem configuram-se como tema complexo e dos mais instigantes no campo da biologia evolutiva. Nas escolas, este tema tem ganhado fôlego, sobretudo nos últimos anos com o fortalecimento de políticas no campo da diversidade. Todavia, a questão não tem merecido a devida atenção.

Uma análise acerca do ensino de Biologia nas últimas décadas evidencia o quanto avançamos em diversos aspectos relacionados à compreensão do corpo humano, à biodiversidade e à biotecnologia. Podemos, hoje, desenvolver mais abordagens sobre estes temas, as quais, até pouco tempo, não conseguiríamos, tudo graças aos avanços do conhecimento no campo do ensino de ciências. Parte desse avanço é baseada numa perspectiva evolutiva, sendo descrita por Futuyama (2002) como a ciência que

[...] explica a unidade da vida por meio de sua história, segundo a qual todas as espécies se originaram de ancestrais comuns, ao longo dos últimos 4 milhões de anos. Explica a diversidade e as características, tanto adaptativas como não adaptativas, dos organismos por meio de processos de alteração genética, influenciada por circunstâncias ambientais. Elabora, a partir de princípios gerais, explicações para as diversas características dos organismos, desde seus traços moleculares e bioquímicos até o seu comportamento e atributos ecológicos. (FUTUYMA, 2002, p. 8)

Nessa perspectiva, torna-se fundamental focalizar conceitos da Evolução Humana no ensino de Biologia de modo que as lacunas existentes nos mais variados conteúdos desta disciplina possam ser postas em discussão a partir das descobertas advindas da Biologia Evolutiva e da Paleoantropologia.

O documento com as orientações curriculares para o Ensino Médio do Ministério da Educação aponta para a importância central, no ensino de Biologia, de temas relacionados à origem e à evolução da vida. “Conceitos relativos a esse assunto são tão importantes que devem compor não apenas um bloco de conteúdos tratados em algumas aulas, mas constituir uma linha orientadora das discussões de todos os outros temas” (BRASIL, 2006, p.22). O fato é que a abordagem de temas relacionados à origem e à evolução da vida torna o ensino de biologia mais crítico e abrangente, uma vez que conteúdos abordados, sem uma explicação baseada na evolução, esvaziam-se de sentido, o que torna a discussão e o próprio conteúdo fragmentados e sem representação.

Este avanço no Ensino de Biologia pode ser observado ao analisarmos, também, os PCN's, Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologia (BRASIL, 2002), os quais destacam a relevância da abordagem da linha evolutiva dos organismos, o que está contido na citação a seguir:

Podemos considerar que as principais áreas de interesse da Biologia contemporânea se voltam para a compreensão de como a vida (e aqui se inclui a vida humana) se organiza, estabelece interações, se reproduz e evolui desde sua origem e se transforma, não apenas em decorrência de processos naturais, mas, também, devido à intervenção humana e ao emprego de tecnologias (BRASIL, 2002, p. 41).

Um trabalho realizado por Silva e Lopes Júnior (2013) apresenta um levantamento sobre a produção acadêmica brasileira, baseado em dissertações e teses, sobre o Ensino de Evolução, no transcurso do período de 1990-2010, por meio do qual constatam que o número de trabalhos que foram desenvolvidos sobre este tema ainda é muito reduzido, se comparado aos demais trabalhos do Ensino de Ciências. Os autores destacam que:

Considerando a importância da teoria evolutiva à Biologia, o número de materiais levantados por este estudo nos leva a crer que a evolução biológica não tem recebido a devida relevância pelas pesquisas acadêmicas. (SILVA; LOPES JÚNIOR, 2013, p. 509)

É do conhecimento dos profissionais da educação que alguns obstáculos são enfrentados nas escolas em se tratando da abordagem da Biologia Evolutiva. Entre os vários obstáculos podemos citar a falta de formação adequada dos professores de Biologia e de ciências, os conceitos equivocados sobre o tema e compartilhados entre os professores e de metodologias de ensino improdutivas para a compreensão do tema, o que repercute na falta de interesse dos alunos e nas diversas representações sociais que este quadro produz. É de se destacar, ainda, que muitos conceitos acerca da biologia evolutiva são expressos de modo obscuro, incompletos ou inapropriados, o que dificulta a discussão de modo didático e útil na construção de uma consciência crítica acerca da nossa evolução biológica.

Tidon e Vieira (2009) propõem algumas alternativas que podem contribuir para superar esses problemas, como a formação continuada dos professores no campo da ciência da evolução, a revisão dos currículos de ciências e biologia e a continuidade do Programa Nacional do Livro Didático. Embora sejam propostas que visem a melhorar e a incentivar o ensino de Evolução, cabe ao professor desenvolver metodologias e, até mesmo, analogias que possam contornar esse desinteresse e motivar os alunos a respeito do assunto.

Diante do desafio em utilizar estratégias criativas para a abordagem de temas que abrangem a ciência da Evolução, propomos, neste trabalho, uma Sequência Didática (SD) baseada no artigo de Cervato e Frodeman (2013), onde são abordados temas como a importância do conhecimento e compreensão do tempo geológico e seus desdobramentos culturais, educacionais e econômicos, assim como as dificuldades enfrentadas pelos alunos para compreenderem o sentido de tempo geológico. Entre os obstáculos identificados pelos autores para a compreensão de tempo geológico está, em primeiro lugar, o distanciamento das experiências humanas com relação às escalas e eventos sobre tempo profundo, o segundo obstáculo seria a incapacidade do pensamento sobre magnitudes e grandezas necessárias aos estudantes para compreensão de tempo profundo e geológico e o terceiro obstáculo seria a interferência de ensinamentos religiosos aos estudantes, sendo resistentes ao conceito de Terra antiga. Cervato e Frodeman, (2013) distinguem tempo profundo e tempo geológico como:

[...] embora muitas vezes usados como sinônimos, os termos apontam para certos aspectos diferentes do tempo. *Tempo profundo* cunhado por Thomas Carlyle em 1832 e mais tarde popularizado por McPhee em 1981 enfatiza o trecho vertiginoso do passado que vai além da cultura humana, ou seja, fatos mais antigos do que 8.000 anos. Em contraste, *tempo geológico* destaca a maneira como os geocientistas contam o tempo – uma escala em que milhões de anos são tratados como algo ordinário. (CERVATO; FRODEMAN, 2013, p.69)

Assim, este artigo tem por objetivo desenvolver uma sequência didática, a partir do tema evolução humana, com destaque para a compreensão do tempo geológico e sua relevância para entender o fenômeno da evolução, com vistas a desconstruir mitos, histórias e representações sociais que impedem uma abordagem crítico-reflexiva acerca da evolução do homem.

Contexto da pesquisa e bases teóricas

A cidade de Aimorés, localizada no leste de Minas Gerais, é uma região que teve sua cobertura vegetal devastada, ocasionando o desaparecimento de inúmeras espécies de sua fauna nativa, durante o período de ocupação e colonização, em fins no século XIX. Nos anos 2000, o

curso do rio Doce foi alterado para geração de energia devido à construção da Usina Hidrelétrica Eliezer Batista e, mais recentemente, o desastre ambiental provocado pela mineradora Samarco, em novembro de 2015, afetou diretamente o mesmo rio, desencadeando consequências de elevada proporção, sobretudo para moradores do município de Aimorés. Ações antrópicas como as citadas proporcionaram um momento propício para o estudo dos conteúdos de Evolução Humana articulados aos de Geologia, em especial, o tempo geológico e o tempo profundo, de forma dialógica com princípios da sustentabilidade da perspectiva do movimento CTSA.

Segundo Santos e Auler (2011), o movimento CTSA surge em um contexto de crítica à sociedade consumista e desenvolvimentista contemporânea e à intensa crise ambiental advinda do processo de exploração desenfreada do ambiente, com o propósito de discutir o papel da ciência na sociedade atual. Seu objetivo é a formação de um cidadão crítico, pois leva em consideração a formação social e também a promoção do desenvolvimento harmônico com o equilíbrio do meio ambiente. Esse movimento se caracteriza pelo tratamento das inter-relações entre compreensão da ciência, planejamento tecnológico e solução de problemas práticos da sociedade, da capacidade de tomada de decisão sobre temas sociais práticos.

A elaboração da SD baseou-se nos pressupostos de Cervato e Frodeman (2013), contemplando os pressupostos do movimento CTSA, com o propósito de adequar o ensino de evolução humana e tempo geológico aos temas atuais, visando a preparar o aluno para participar, de modo consciente, de questões do seu cotidiano, com foco na alfabetização científica. Chassot (2003) adverte que “ser um aluno alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza. É um analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do universo” (CHASSOT, 2003, p.91).

O ensino de ciências tem sido alvo de inúmeras pesquisas nas últimas décadas (SILVA; LOPES JÚNIOR, 2013), o que contribui para fortalecer o conhecimento teórico desta área. Têm sido investigados aspectos tais como as metodologias de ensino e as dificuldades enfrentadas pelos professores e pelos alunos na compreensão de temas complexos. Nesse cenário, destacam-se pesquisas com foco na alfabetização científica com a intenção de valorizar o conhecimento e a realidade social dos alunos, por serem questões que envolvem o movimento CTSA.

Entre os conhecimentos, as atitudes e as habilidades a serem alcançadas com uma abordagem CTSA, Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988, *apud* SANTOS; MORTIMER, 2002) incluem: a valorização da autoestima, a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para solucionar problemas, a tomada de decisão, o aprendizado colaborativo/cooperativo, a responsabilidade social, o exercício da cidadania, a flexibilidade cognitiva e o interesse em atuar em questões sociais.

O espaço escolar passa a constituir-se, então, um ambiente não apenas para aquisição de conhecimentos técnicos e científicos, mas um espaço para discussão de questões sociais, tecnológicas, ambientais, permitindo o compartilhamento de opiniões para que, nesse ambiente, os alunos exerçam e pratiquem seu direito de argumentar. A escola, segundo Gohn (2006), caracteriza-se como espaço de educação formal onde o professor assume o papel de educador de modo a favorecer a passagem do senso comum para o conhecimento científico. Logo, a escola torna-se um espaço para mediar o conhecimento, sendo possível, por intermédio do diálogo entre os professores e os alunos, explorar as potencialidades vivenciadas por ambas as partes (GOHN, 2006). Diante deste contexto, recorremos a Freire (1996) quando este destaca que “o educador democrático não pode negar-se ao dever de, na sua prática docente, reforçar a capacidade crítica do educando, sua curiosidade, sua insubmissão (FREIRE, 1996, p.13).

Os conceitos trazidos pelos alunos, assim como suas percepções do ambiente onde estão vivendo, são fundamentais para construção do conhecimento e da formação cidadã, permitindo que eles reconheçam que são parte do processo evolutivo e que suas ações interferem diretamente na

dinâmica do planeta e de seus descendentes.

Referencial pedagógico

Norteamos esse trabalho a partir dos pressupostos da alfabetização científica e do movimento CTSA para elaborar e avaliar uma Sequência Didática aplicada na educação básica. Uma SD bem construída possibilita organizar o trabalho de forma prática, aprofundar conceitos e conhecimentos acerca de inúmeros assuntos, formular etapas com intencionalidade e despertar a curiosidade dos educandos a fim de que ocorra discussão sobre temas CTSA e por fim alcançar a alfabetização científica.

Zabala (1998) destaca ser fundamental para o andamento criativo de uma SD a fixação de objetivos claros e coerentes com o contexto. Segundo o autor, a ordenação das atividades e sua articulação em busca dos objetivos educacionais devem ser conhecidas tanto por parte dos alunos quanto dos professores (ZABALA,1998).

O trabalho pedagógico, para Delizoicov, Angoti e Pernambuco(2011), demanda um planejamento que pressupõe levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto a ser lecionado. Para desenvolvermos esta SD, um caminho considerado foi seguir a sugestão dos autores citados, para quem o processo de ensino aprendizagem se desenvolve em três momentos pedagógicos (TMP) importantes e necessários para a construção do conhecimento, a saber: o primeiro momento seria a Problematização Inicial; o segundo momento, a Organização do Conhecimento e por último, no terceiro momento, teríamos a aplicação do Conhecimento.

As sequências didáticas se relacionam proximamente com as teorias da aprendizagem sócio-interacionistas, as quais dão vida às práticas pedagógicas, visto que as pessoas são vistas como seres únicos, tornando-se inútil desvincular o professor de sua prática educativa.

Ao mediador do ensino-aprendizagem cabe a tarefa de organizar os conteúdos propostos com os objetivos e os elementos pedagógicos que ele deseja que componham o seu trabalho. A prática em sala de aula ensina que a mediação na construção do conhecimento configura-se como um dever, em virtude do que se medeia e do estabelecimento do diálogo interdisciplinar, de modo a alcançar os objetivos. O trabalho em sala de aula foi organizado para que os alunos atuassem como protagonistas durante todo o transcurso da SD, pois acreditamos ser desta forma que se produzem atores sociais críticos.

Percurso metodológico

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, do tipo estudo de caso de uma realidade escolar (LUDKE; ANDRÉ, 1986). A Sequência Didática (SD) foi planejada para acontecer em 04 aulas, de acordo com os pressupostos de Zabala (1998), executando-se os três momentos pedagógicos de Delizoicov; Angotti e Pernambuco (2011). No transcurso do desenvolvimento da SD, ocorreu a coleta de dados, por meio do preenchimento de um questionário no início e no final da SD. A discussão dos dados foi organizada tomando por base o diálogo do movimento CTSA conforme Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988) citados por Santos e Mortimer (2002) e Santos e Auler (2011). Para a análise das respostas do questionário utilizamos os Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica, proposta por Sasseron e Carvalho, (2008).

Os alunos para os quais foi aplicada a SD fazem parte de uma turma do 3º ano do ensino médio da Escola Estadual Frei Afonso Maria Jordá, na cidade de Aimorés-MG. A SD dialogou aspectos pedagógicos acerca da evolução humana e suas relações com o tempo geológico e as ameaças de ações antrópicas a um futuro sustentável no desenvolvimento humano, da perspectiva dos fundamentos do movimento Ciência Tecnologia, Sociedade e Ambiente, conforme Hofstein, Aikenhead e Riquarts(1988: 358) e Santos *et al* (2002). A SD foi construída buscando estabelecer um equilíbrio entre as quatro modalidades de conteúdos propostos por Zabala (1998): o conceitual,

o procedimental, o atitudinal e o factual. A sequência didática seguiu o planejamento conforme conta do Quadro 01, a seguir:

Quadro 1: Sequência Didática planejada conforme Zabala, (1998)


SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)			
Título:	Olhares sobre Tempo Geológico, ações antrópicas e Evolução Humana.		
Público Alvo:	3º ano EM - escola estadual Frei Afonso Maria Jordá - Aimorés - MG		
Problematização:	A cidade de Aimorés (MG) possuía cobertura vegetal que foi devastada na colonização. A construção da Usina Hidrelétrica Eliezer Batista e mais recentemente o desastre ambiental provocado pela Samarco afetou o rio Doce com consequências de elevada proporção. Para o presente e o futuro, almejamos ações que visem ao desenvolvimento de práticas ambientais sustentáveis, de modo a proporcionar dias melhores para o município e seus cidadãos. Qual relação desse contexto da cidade de Aimorés com o tempo geológico, com as ações antrópicas e com a evolução humana?		
Objetivo Geral:	Analisar momentos da evolução humana, no desenrolar do tempo geológico, e as ameaças de ações antrópicas a um futuro sustentável, com recorte para o município de Aimorés – MG		
Conteúdos e Métodos			
<i>Aula</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Conteúdos</i>	<i>Dinâmicas</i>
01	Avaliar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do tema desta SD.	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenciar tempo cronológico, tempo geológico e tempo profundo. - Apresentação da Paleontologia como campo de estudo. - Acontecimentos climáticos, sociais e conhecimentos advindos do estudo do tempo geológico e do tempo profundo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação do tema com os alunos (momento expositivo). - Identificação o conhecimento prévio dos alunos: Preenchimento de questionário sobre o tema Tempo Geológico, Tempo Profundo e Desenvolvimento evolutivo Humano.
02 e 03	Mediar um aprendizado com	- Importância do estudo dos fósseis	- Aulas dialogadas com recursos multimídia.

	<p>enfoque na sustentabilidade e promoção de cidadania emancipadora.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estratigrafia e Bio-Estratigrafia. - A Escala do tempo Geológico e a história geológica da terra. - Era dos dinossauros e o surgimento humano no planeta. - A evolução não linear do homem: Diferenças craniais, esqueléticas e dentárias entre homínídeos. - Árvore filogenética provável dos Antropóides. - A Usina Hidrelétrica Eliezer Batista e o desastre de Mariana. - O desenvolvimento humano sustentável com enfoque CTSA. - Previsões sobre o futuro da humanidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rodas de conversa.
04	<p>Verificar o conhecimento prévio detectado e os novos conhecimentos assimilados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Breve reflexão a cerca dos conteúdos mediados nas aulas anteriores para reavaliação 	<ul style="list-style-type: none"> - Roda de conversa - Análise do questionário inicial e final. - Registro da nova postura.
Avaliação:	<p>Participação em sala de aula, análise dos relatos orais e das respostas ao questionário.</p>		
Bibliografia consultada:	<p>Cassab, R.C.T. <i>Paleontologia</i>. São Paulo: Interciência, 2. Ed., 2004, v.1. Anelli, L. E.; Rocha-Campos, A. C.; Fairchild, T. R. & LEME Juliana M.. <i>Paleontologia: Guia de Aulas Práticas</i> - Uma introdução ao estudo dos fósseis. USP, Instituto de Geociências, 6ª Ed., 2010 <i>Revista Galileu</i>. Disponível em http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2015/11/e-oficial-o-rio-doce-esta-completamente-morto.html. último acesso em 13/11/2015 Cervato, C.; Froderman, R. <i>The significance of geologic time: cultural, educational, and economic frameworks</i>. The Geological Society of America, <i>Special Paper</i>, n. 486, p.19-27, 2012. Tidon, R.; Vieira, E. O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. <i>Com Ciência</i>, n. 107 p. 15-30 Campinas, UNICAMP, 2009</p>		

Na primeira aula foi aplicado aos alunos um questionário (Quadro 2) a fim de que pudesse ser feito um levantamento dos conhecimentos prévios que cada um possuía a respeito do tema de

trabalho proposto. Na última aula o mesmo questionário foi reaplicado a fim de que pudéssemos comparar as respostas antes e após a mediação desta SD. Foram desenvolvidas 04 aulas no período de 07 a 10 de dezembro de 2015.

Quadro 2 - Instrumento aplicado aos alunos

Questionário
1) O que você sabe sobre tempo cronológico e tempo geológico (tempo profundo)?
2) Escreva o que você sabe sobre o termo Paleontologia.
3) Observe a figura abaixo e responda:

<p>Fonte: exercícios.brasilecola.uol.com.br. Acessado no dia 01/12/15 Você acredita que a situação ilustrada na figura representa uma realidade que deveria ser comum no período da Pré-História? Justifique a sua resposta.</p>
4) O que são fósseis? Que relações existem entre o estudo deles e a vida do homem no planeta terra hoje?
5) Que ligações podemos estabelecer entre os acontecimentos climáticos (como tsunamis, erupção de vulcões, maremotos), sociais (fome, secas, enchentes, aumento da temperatura na terra, surgimento de doenças) e os fatos conhecidos com o estudo do tempo geológico?
6) Que previsão o estudo do tempo geológico pode nos dar sobre o futuro da humanidade no planeta Terra?

Fonte: Próprios autores

Resultados

Na aula 01 apresentamos o tema proposto, destacando a existência de tempos diferentes daqueles do relógio a que habitualmente estamos acostumados a observar, como dias, meses, anos. Explicamos o questionário aos alunos e pedimos que o mesmo fosse preenchido de acordo com os conhecimentos prévios de cada, um conforme a sequência de itens. Só então começamos a diferenciar o tempo cronológico do tempo geológico. Utilizando uma aula dialogada, com muitas imagens de eventos geológicos, apresentamos a paleontologia como ciência, relacionando-a aos eventos que ocorreram ao longo do tempo de formação da Terra, os quais repercutiram no surgimento do homem e dos demais seres vivos e na forma com que as relações ecológico-sociais foram se estabelecendo ao longo desse tempo. Por fim, realizamos uma roda de conversa em que os alunos puderam apontar suas principais dúvidas acerca do tempo e da evolução. Nesta roda de conversa inicial, algumas perguntas ainda traziam vestígios de representações sociais de fundo religiosas e outras advindas de conhecimentos do cotidiano.

As aulas 02 e 03 configuraram-se como momentos de diálogo, nas quais utilizamos recursos multimídia para apresentar imagens e pequenos documentários, deixando o espaço mais propício para o debate. No primeiro momento, caracterizamos o estudo dos fósseis como decisivo para o entendimento do atual estágio da vida em nosso mundo. Trabalhamos noções de

Estratigráfica, Bioestratigrafia, da escala de tempo geológico e da história geológica da Terra, explicitamos sobre o surgimento dos répteis, a era dos Dinossauros e o surgimento evolutivo não linear dos seres humanos. Conversamos sobre as diferenças cranianas, esqueléticas e dentárias dos hominídeos e a provável árvore filogenética dos Antropóides. No segundo momento, em uma roda de conversa, desenvolvemos o conceito de ações antrópicas, diferenças entre impacto ambiental e degradação ambiental. Utilizamos como exemplos a construção da hidrelétrica Dr. Eliezer Batista e o acidente causado pelo rompimento da barragem da Samarco em Mariana, ambos com consequências diretas para o rio Doce que banha a cidade de Aimorés. Assim, pudemos construir conhecimentos em torno dos preceitos CTSA e também sobre a necessidade de se pensar em formas sustentáveis para o desenvolvimento humano juntamente com a manutenção da vida em todos os seus meandros.

A aula 04 foi o momento do registro da nova postura dos alunos em relação aos conhecimentos construídos. Iniciamos com uma roda de conversa onde relembramos os fatos mais marcantes desenvolvidos nas aulas anteriores. Em seguida, os alunos receberam o mesmo questionário inicial e, paralelamente às primeiras respostas, puderam livremente escrever o que aprenderam durante o processo de aprendizagem. Vale ressaltar que, em todo o tempo, os alunos foram avaliados conforme sua participação nas rodas de conversa, nos debates, em seus relatos orais e escritos e a partir das respostas ao questionário.

De posse do questionário com a resposta final dos alunos, chegamos aos resultados segundo evidenciam as figuras de 1 a 6:

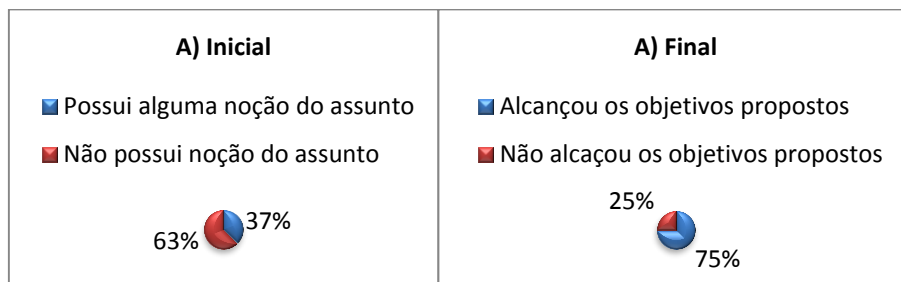


Fig. 1: Respostas à questão 1

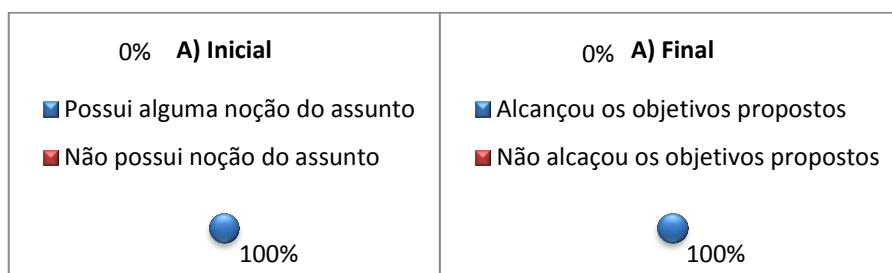


Fig. 2: Respostas à questão 2

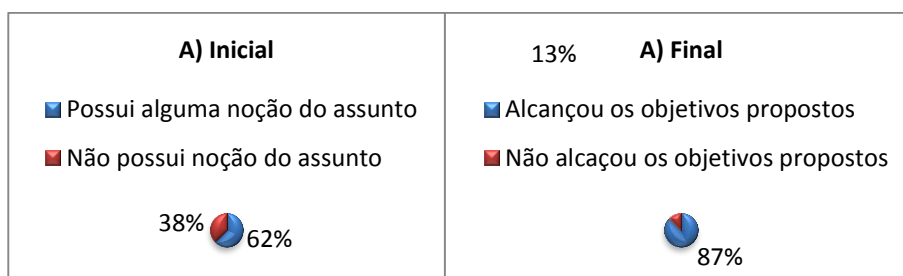


Fig. 3: Respostas à questão 3

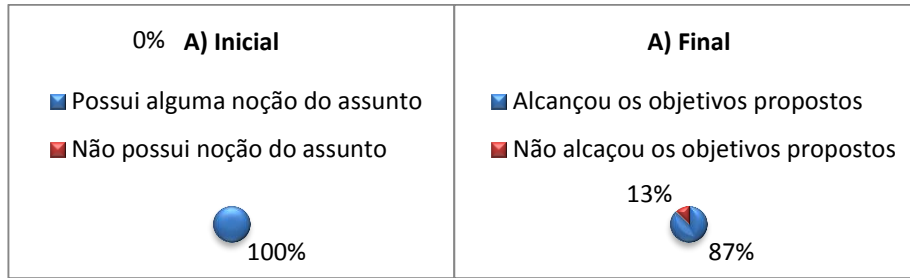


Fig. 4: Respostas à questão 4

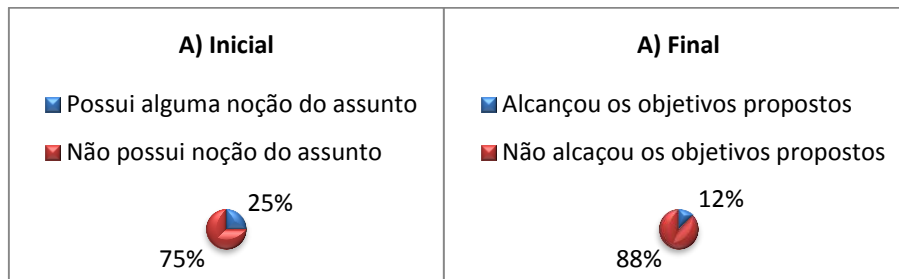


Fig.5: Respostas à questão 5

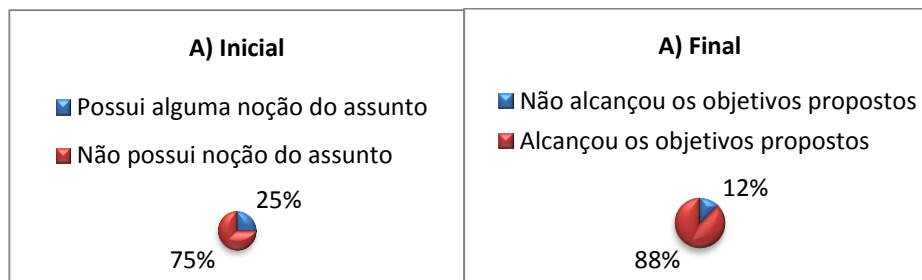


Fig.6: Respostas à questão 6

Após análise dos gráficos com as respostas antes e pós a SD, foi possível identificar que a maioria dos alunos alcançou os objetivos propostos a partir da mediação do professor, ou seja, a grande maioria dos alunos adquiriu conceitos sobre tempo cronológico e tempo geológico; conseguiu descrever a paleontologia como ciência e sua relevância social para a compreensão do atual estágio evolutivo da vida no planeta, superou a representação social de que hominídeos pré-históricos conviveram com dinossauros nos processos evolutivos e reconheceu que o estudo dos fósseis é importante para entender a evolução das espécies no decorrer das eras. Os alunos, após debates, conseguiram estabelecer conexão entre os atuais acontecimentos climáticos, sociais e econômicos vivenciados pelas populações humanas com a progressão do tempo geológico e que as ações humanas, em vez de degradar, precisam ser promotoras da sustentabilidade ambiental.

As questões exibidas no questionário destacam a presença do ser humano no planeta Terra e por isso necessitam ser discutidas pelas novas gerações de futuros cidadãos que irão participar de colóquios sociais norteadores de outras ações promotoras, ou não, da sustentabilidade global. Tendo em vista essas ações antrópicas e os conhecimentos de geologia, acreditamos ser este o momento oportuno para esses diálogos com vistas à emancipação cidadã, fruto, sinal e objetivo da

Alfabetização Científica.

Discussão dos resultados

O desenvolvimento da sequência didática contemplou os três momentos Pedagógicos defendidos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), porém não de uma forma linear. A problematização inicial evidenciou, no levantamento dos saberes prévios dos alunos, respostas instigantes. Isso ocorreu também em outros momentos, nas aulas dialogadas ou nas rodas de conversa. Na organização do conhecimento e em sua aplicação uma vantagem de se trabalharem sequências didáticas foi a percepção de que temas dessa natureza não fazem parte da vida escolar dos alunos. A compreensão de um tempo além da dimensão humana leva à percepção da curta história da humanidade na história da Terra. A percepção do aluno acerca do tempo revelava-se ser tangível somente pelo tempo cronológico, pelo relógio, pelo calendário. Compreender o transcurso da vida em eras e períodos foi um exercício dinâmico e bastante desafiador. Para tanto, foi preciso desenvolver uma breve reflexão sobre a natureza do conceito de tempo, detalhando suas dimensões filosófico-científica de modo a avançar na compreensão do tempo geológico, sem a qual torna impossível compreender a evolução humana de um modo não linear.

Esse fato foi desenvolvido no transcurso da SD, quando apresentamos o conceito de tempo cronológico, psicológico e geológico. O conteúdo conceitual permeou o desenvolvimento das atividades, pois a motivação foi fundamental para que os educandos atendessem de maneira crítica às demandas do trabalho pedagógico. O primeiro conteúdo conceitual desenvolvido foi a escala de tempo geológico e as etapas da evolução humana. Todas as ações e tarefas foram elaboradas com propósitos claros, isto é, desenvolver uma consciência crítica sobre sua presença no mundo. A roda de conversa após a aula buscou debater sobre a imensidão do tempo em que transcorreram os principais processos geológicos, por exemplo, a destruição em massa dos dinossauros, a Quebra do continente Gondwana, a formação do Himalaia. Episódios assim ocorreram fora do tempo da experiência humana. O desafio de articular estes eventos com as experiências de tempo vividas pelos alunos, por meio de horas, dias, semanas e meses não foi tarefa fácil. Resumimos, por exemplo, a história da terra em um dia e a história da evolução humana a uma hora. Depois calculamos a degradação ambiental causada pelo homem a um minuto e colocamos os fatos em debate. A compreensão crítica foi muito perceptível. O silêncio dos alunos fazia-os pensar no paradoxo existente entre a curta história da humanidade na Terra e seu poder de destruição.

No que se refere aos conteúdos procedimentais, os alunos demonstraram curiosidade no manuseio da escala de tempo geológico. Em alguns momentos, o professor indicava o período geológico e o evento, como por exemplo, a quebra de Gondwana, os alunos deveriam localizar na escala onde estava o Cretáceo e quais suas principais características. Ao indicar o evento “proliferação dos primatas”, os alunos deveriam indicar na escala o Oligoceno, do período Paleógeno. Ao referenciar o Quaternário, os alunos reconheceram esse período com o surgimento dos hominídeos. Ações assim evidenciam etapas do processo de construção crítica do conhecimento, sobretudo quando os alunos reconheceram a curta história do homem e a enorme devastação e degradação ambiental que ele causa, conforme já ficou explícito.

Já o conteúdo atitudinal foi identificado no decorrer das aulas com a interação entre os estudantes, com a participação e manifestações de opiniões diversas e consideração uns pelos outros, sabendo ouvir, concordar ou até mesmo discordar do ponto de vista dos colegas. Citemos como exemplo quando um dos colegas perguntou sobre os dinossauros do Brasil e alguns criticaram o colega dizendo que não havia dinossauros brasileiros. Nesse momento, foi feita uma intervenção a partir de uma dúvida e identificamos os vários fosséis localizados no nordeste que atestam a rica história do Jurássico brasileiro. Nesse momento os alunos começaram a se lembrar da reportagem exibida pelo Fantástico da Rede Globo que noticiou o contrabando de fosséis. O conteúdo factual foi contemplado quando temas atuais, como a construção da hidrelétrica Eliezer Batista em 2000,

no rio Doce, foram discutidos, assim como o crime ambiental provocado pela mineradora Samarco em Mariana em 2015, ambos em Minas Gerais e com impactos diretos na cidade de Aimorés.

Para análise dos dados coletados por intermédio dos questionários (Quadro 1) respondidos pelos alunos, foram utilizados os Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica, propostos por Sasseron e Carvalho (2008) e adaptados para esta pesquisa, conforme Quadro 03.

Quadro 3 – Análise dos questionários com base nos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica (AC)

Eixos Estruturantes da A.C.	Trechos das respostas dos alunos antes da aplicação da SD	Trechos das respostas dos alunos após a aplicação da SD
Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.	Resposta à pergunta 4 do questionário. Aluno 1 “São ossos de animais pré-históricos”.	Resposta à pergunta 4 do questionário. Aluno 1 “Os fósseis são qualquer coisa que ficou preservado pelo tempo. Eles podem ajudar a nos preparar para as mudanças na Terra”.
	Aluno 2 “ Ossos antigos de animais. Hoje algumas pessoas estudam os fósseis para tentar descobrir um pouco do nosso passado”.	Aluno 2 “São objetos, ossos, de milhares de anos atrás, encontrados por pesquisadores. Feitas as pesquisas, podemos notar o desenvolvimento que sofremos na nossa espécie, não só na nossa, mas sim em todas”.
Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.	Resposta à pergunta 5 do questionário. “O homem modifica bastante o clima da Terra e vem modificando ao longo dos anos”.	Resposta à pergunta 5 do questionário. “ O homem modificou bastante o clima da Terra e vem modificando ao longo do tempo e fazendo bastante alterações com a poluição”.
Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente	Resposta à pergunta 6. “Que alguns dias nós não estaremos mais aqui, que podemos não estar mais com este ambiente”.	Resposta à pergunta 6 do questionário. “Ter a sabedoria de como foi o passado deles, dos animais, da Terra, das plantas dos seres vivos em geral. Entender como foi os seus dias”.

A observação das respostas ao questionário antes e após a mediação pedagógica leva-nos à compreensão de que os alunos conseguiram se posicionar diante de temas basilares e de conceitos científicos fundamentais. A grande maioria dos alunos conseguiu estabelecer conceitos mais ricos da perspectiva científica a respeito de termos como o tempo geológico, tempo cronológico, o entendimento do que seja a Paleontologia, a definição e importância dos fósseis para a ciência em todos os tempos, conceitos sobre evolução humana, evidenciados nas respostas às questões de número 01, 02 e 04. Houve um entendimento ampliado da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos a ela relacionados. Essa afirmação se justifica pelo fato de que tenha sido estabelecido um

nível crítico de diálogo entre os alunos e questões ligadas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. A questão de número 03 foi compreendida por boa parte dos alunos após a aula expositiva dialogada, momento em que associaram que homens e dinossauros não foram contemporâneos no planeta Terra, que as questões estudadas pela geologia foram decisivas para que esse conhecimento chegasse aos nossos dias. A resposta para a questão número 05 certifica que os alunos conseguiram, ao final do estudo, entender melhor a maneira como os acontecimentos climáticos e sociais, tão presentes no mundo de nossos dias, são facilmente relacionáveis com o curso da história do ser humano no planeta, tendo sido agravado pelas ações antrópicas na atualidade. O fato de os alunos não conseguirem alcançar os objetivos fixados para esta pergunta pode ser explicado pela crença na inexorabilidade dos recursos naturais, na visão antropocêntrica ainda dominante, na representação social de que natureza e ambiente não são a mesma coisa e na crença de que o ser humano não faz parte da natureza. Relacionar catástrofes ambientais, problemas sociais e degradação do meio-ambiente à sua própria ação trata-se de tarefa desafiadora. Ao final da aula, o debate em favor da defesa do ambiente e a compreensão da contiguidade existente entre ser humano, natureza e ambiente e nosso dever de defender a vida em toda sua amplitude, contra interesses do poder, do capital e da tecnologia, deixou evidente nosso papel cidadão.

A resposta final para a pergunta número 06 mostrou que muitos alunos entenderam como incerto o futuro da humanidade na Terra, pelo estágio atual de devastação. O estudo e a compreensão da geologia podem lançar uma luz que proporcione uma busca por maneiras mais sustentáveis de se lidar com a natureza presente, afim de que um planeta melhor seja deixado como herança. Isso mostra ter havido um melhor entendimento por parte dos alunos das relações existentes entre a ciência e a sociedade, fato demonstrado pelo eminente desejo de mudança em alguns hábitos e atitudes que sinalizam terem os alunos alcançado um avanço na sua forma de pensar.

Compreender a evolução humana significa vencer desafios, sobretudo os que situam esta evolução em uma linha evolutiva vertical. O fato de os alunos terem demonstrado que as espécies humanas de hoje são resultado de dois milhões de anos de evolução, que elas não são as mesmas, que sofremos muitas adaptações em relação ao ambiente revela um pensamento crítico em relação ao tema. Compreender que não somos melhores nem piores que outros seres vivos também foi um ganho proporcionado pelo desenvolvimento da SD.

Ao discutir conceitos como ancestralidade, deriva genética e irradiação adaptativa foi possível despertar o interesse e fomentar intensos debates. A localização dos eventos e episódios geológicos na escala de tempo geológico foi o ponto alto da SD, evidenciando uma quebra da visão antropocêntrica, favorecendo a abordagem histórico-filosófica.

Estudar o tempo geológico, a escala de tempo geológico, a evolução humana e as transformações causadas ao ambiente pelo homem não é tarefa fácil. Para esse trabalho, precisamos superar a perspectiva redutora do ensino de ciências. Isso demanda uma postura interdisciplinar, multidimensional, buscando uma articulação enriquecedora da Filosofia com o debate científico. O pensamento holístico pode enriquecer culturalmente o aluno e contribuir para sua alfabetização científica.

Considerações finais

Este trabalho apresentou por meio de uma SD a aproximação na abordagem entre evolução humana e tempo geológico, utilizando uma perspectiva dialógica. O enfoque CTSA integrado às aulas não só de Ciências, mas de maneira interdisciplinar, agrega valor à mediação do saber, necessário ao desenvolvimento de uma cidadania emancipadora. Entender as alterações climáticas, a poluição, o desgaste do solo, a proliferação de doenças, a fome como resultado, e como parte, da intervenção humana, que tem influenciado o curso da história de um planeta de milhões de anos, é o desafio que se nos impõe o ensino de ciências crítico. A aplicação do mesmo questionário após a

realização da Sequência Didática buscou reconhecer se houve mudança nas respostas dadas pelos estudantes e qual a importância da intervenção pedagógica para o processo de ensino e aprendizagem, visto que o ensino de ciências apresenta inúmeros desafios a serem vencidos, e uma das possibilidades é o enfoque CTSA que pode ser dado aos temas contemplados pelo currículo, escopo deste trabalho.

O ensino de temas como evolução humana deve ser priorizado não como contraponto, somente, às concepções fixistas e criacionistas da história do planeta, mas como forma de levar o aluno a desenvolver uma convivência harmônica com a natureza e com seus semelhantes, superando a intolerância e o etnocentrismo. Construir um sentido crítico e desenvolver uma atitude de questionamento sistemático, de modo a compreender os fundamentos da ação humana na terra, foi o propósito deste trabalho. Embora de forma modesta, cremos ter atingido.

Referências

Ainkenhead, G. (2009). *Educação científica para todos*. Tradução: Maria Teresa Oliveira. Portugal: Edições Pedagogo.

Auler, D.; Bazzo, W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 1, p. 1-13.

BRASIL.(2006). Ministério da Educação. Secretaria Nacional de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEF, volume 2, 135p.

BRASIL. (2002). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *PCN + Ensino Médio, orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais*. Ciências da Natureza, matemática e tecnologias. Brasília. Acesso em: 16 de Dezembro de 2015. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>.

Cervato, C.; Froderman, R. (2013) A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. Tradução: Maria Cristina Briani e Pedro Wagner Gonçalves. *Terrae Didática*, 10: 67-79. Disponível em https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v10_1/PDF10_1/TD10-t005-Cervato.pdf, acessado em dezembro de 2015

Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*. jan/fev/mar/abr, n 22.

Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M. (2011). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*, 4 ed. São Paulo: Cortez.

Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 25ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Futuyma, D.J. (2002). *Evolução, Ciência e Sociedade*. Sociedade Brasileira de Genética. São Paulo-SP. Acesso: 16 de dezembro de 2015. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br>>.

Gohn, M. G. (2006). *Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas*. Ensaio: aval. pol.públ. Educ., Rio de Janeiro, v.14, n.50, p. 27-38, jan./mar. Acesso: 16 de dezembro de 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ensaio/v14n50/30405.pdf>>.

Ludke, M.; André, M. E. D. A.(1986). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.

Santos, W. L. P; Auler, D. (orgs.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.

Santos, W. L. P; Mortimer, E. F. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS no contexto da educação brasileira. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 02. n.02.

Sasseron, L. H.; Carvalho, A.M. (2008). *Alfabetização científica no Ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. 265 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós graduação em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://moodle.stoa.usp.br/file.php/1197/AC_no_EF_Estruturas_e_Indicadores_desto_processo_em_sala_de_aula.pdf> Acesso: 16 de dezembro 2015.

Silva, C. S. F; Lopes Júnior, J. (2013). Análise documental da produção acadêmica brasileira sobre o ensino de evolução (1990-2010): caracterização e proposições. *Investigações em Ensino de Ciências* – V.18 (2), p. 505-521.

Tidon, R.; Vieira, E. (2009). O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. *Com Ciência*, n. 107 p. 15-30 Campinas, Ed. UNICAMP

Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Tradução: Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed.