

Por que ensinar Tempo Geológico na Educação Básica?

WHY TEACH GEOLOGIC TIME IN BASIC EDUCATION?

RAFAELA SANTOS CHAVES¹, SIMONE SOUZA DE MORAES², REJANE MARIA LIRA-DA-SILVA³

1 - DOUTORANDA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, SALVADOR, BA. E-MAIL: RAFASCHAVES@GMAIL.COM

2 - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, SALVADOR, BA. E-MAIL: SMORAES@UFBA.BR

3 - INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, SALVADOR, BA. E-MAIL: REJANE@UFBA.BR

Abstract: Geological time is one of the most important notions of scientific thought, and is essential in decision making regarding socially-responsible natural resource utilization and environmental change, and is also fundamental to the comprehension of Evolution. Building this notion involved the acceptance of new ideas throughout Geology's timeline, thus, we defend that its complexity is due to its historical development, in which several different fields of study needed to be brought together. This review work shows that some of the difficulties found in comprehending Geological Time in schools are: high degree of abstraction, interpretation of huge numbers, dimensions and events far removed from human experience, and religious conflicts that interfere with the acceptance of a very old Earth. Proposals to overcome these difficulties are: using analogies, working on activities involving a dynamic view of the planet and its geological processes, introducing the history of geosciences, and employing historical narratives. Thus, it is essential to develop investigations on the teaching of Geological Time in Brazil, and to carefully consider the training of teachers.

Manuscrito:

Recebido: 3/mai/18

Corrigido: 12/jun/18

Aceito: 11/ago/18

Citation: Chaves R.S, Moraes S.S, Lira-da-Silva R.M.. 2018. Por que Ensinar Tempo Geológico na Educação Básica? *Terræ Didática*, 14(3):233-244. URL: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>.

Introdução

Físico, metafísico, intangível, linear, cíclico, mensurável, indeterminável... A reflexão sobre o tempo é um dos eixos fundamentais do pensamento filosófico e suas implicações impactam a forma como compreendemos o mundo e interagimos com ele. Assim, a concepção de tempo percorre todas as áreas do conhecimento. Logo, falamos em “tempos” físico, cosmológico, biológico, histórico, geológico... de forma que a concepção de tempo assumiu diferentes significados ao longo da história.

A noção de tempo ganhou grande importância científica para a Geologia com a “descoberta do tempo profundo” – expressão delineada por James

1 No entanto, o termo “tempo profundo”, criado por Hutton no século XVII, só foi popularizado muito tempo depois, em 1981, pelo escritor americano John McPhee no livro *Basin and Range*. Ao contemplar as formações geológicas que delineiam o continente norte-americano durante uma viagem, McPhee afirmou que a mente humana ainda não teria evoluído o suficiente para compreender o tempo profundo, sendo apenas capaz de medi-lo (Burchfield 1998). McPhee não conceituou “tempo profundo”, elaborou uma metáfora para tentar explicá-lo: “Consider the earth's history as the old measure of the English yard, the distance from the

Hutton (século XVII) e difundida por Stephen Jay Gould, paleontólogo, biólogo evolucionista e historiador da ciência, ao se referir à aceitação do tempo profundo como consenso entre os estudiosos, abrangendo um período entre meados do século XVII até o começo do século XIX (Gould 1991). Constituiu mudança de paradigma para as geociências, uma vez que o estudo de registros geológicos aliado à datação radiométrica, que despontou no século XX, demonstrou que a história da Terra, até então contada em milhares de anos, passaria a ser descrita em bilhões de anos. Para além do domínio científico, a aceitação do tempo profundo significou compreender também que a existência do ser humano na Terra restringe-se apenas aos últimos segundos da história geológica do planeta, portanto, implicou também na reconstrução do pensamento humano e numa mudança significativa de concepção de mundo, conflitando, em muitos casos, com dogmas religiosos e convicções pessoais.

Por sua importância nessa transição de cenário, sendo fundamental do ponto de vista da história

king's nose to the tip of his outstretched hand. One stroke of a nail file on his middle finger erases human history” (McPhee 1981 *apud* Gould 1987, p.3).

do conhecimento científico e considerada parte da herança cultural da humanidade, E-an Zen (2001) afirmou que a noção de tempo geológico é relevante o suficiente para que todos, não só geólogos, devam conhecê-la. Nesse sentido, Cervato & Frodeman (2012) alegam que apesar da importância da noção de tempo geológico para a evolução do pensamento científico, pouca atenção tem sido dispensada aos impactos cultural e social deste conceito, que ultrapassam sua implicação sobre as geociências. Para estes autores, só é possível compreender adequadamente os desafios econômicos e ambientais da atualidade – como o encerramento da era do petróleo, as prováveis futuras alterações climáticas e a perda progressiva de biodiversidade, incorporando a perspectiva do tempo profundo.

Por certo, em algum momento da vida, a maioria das pessoas e certamente políticos responsáveis precisam tomar decisões que seriam mais bem informadas com conhecimentos básicos de Geociências; são medidas relacionadas à gestão de recursos naturais e à preparação para catástrofes naturais, por exemplo, nas quais o entendimento firme do Tempo Geológico e sobre processos geológicos são essenciais (Bowring 2014).

A concepção geológica de tempo influencia diretamente também as ciências biológicas e o entendimento de Evolução, pois fornece o contexto necessário para as alterações ambientais de longo prazo e oferece uma escala de tempo lógica para variados processos e eventos da Terra. De fato, a contribuição da Geologia para a evolução darwiniana é significativa e Darwin, apesar de não ter publicado ele mesmo uma estimativa correta para a idade da Terra, foi compelido a lidar com Tempo Geológico, que se configura como uma peça fundamental para o mecanismo de evolução por seleção natural considerando os longos intervalos necessários para a evolução das espécies ocorrer (D'Argenio 2009). Com efeito, educadores e cientistas apontam Tempo Geológico como um dos conceitos mais importantes para o entendimento do processo evolutivo, embora, em contrapartida, o próprio tempo geológico funcione como obstáculo cognitivo para a compreensão de evolução em razão da dificuldade do ser humano em relacionar-se de forma significativa com os bilhões de anos de história evolutiva da vida (Dodick 2007).

Realmente, apesar da maioria de nós contemplar registros geológicos que insinuam a ação do tempo durante milhares ou milhões de anos, como os morros ou montanhas que adornam as paisagens

de nossas cidades ou nos distraem durante longas viagens, a não ser que sejamos geólogos, paleontólogos ou entusiastas estudiosos do passado, não estamos acostumados com o tempo profundo. A humanidade percebe o tempo observando e comparando mudanças; utilizamos como parâmetro os ciclos naturais de luz (dia/noite), marés, fases da lua, estações do ano ou mesmo diferenças no ambiente e transformações pessoais; hoje podemos medir o “nosso” tempo utilizando instrumentos variados. No entanto, nos faltam ciclos naturais ou instrumentos precisos que nos tornem familiarizados com o tempo geológico. Assim, essa perspectiva geológica de tempo é conceitualmente difícil de ser assimilada e existe um amplo consenso na comunidade científica em se destacar o conceito de tempo geológico como um dos mais complexos e difíceis de ser compreendido. A frase de Gould em “Seta do Tempo, Ciclo do Tempo: Mito e Metáfora na Descoberta do Tempo Geológico” parece preferir um veredito desanimador:

O tempo profundo é tão difícil de se compreender, tão alheio à nossa experiência comum, que permanece sendo uma grande pedra no caminho de nosso entendimento” (Gould 1991).

Roger Trend pesquisou a percepção de Tempo Geológico² em estudantes de idades variadas no Reino Unido e propôs que tempo profundo é uma barreira conceitual: a falha em sua compreensão adequada resulta em fracasso em envolver outros conceitos de Geociências mais amplos (Trend 2001a). Samuel Bowring, ao examinar o entendimento de estudantes universitários americanos sobre a idade da Terra, declarou que muitas vezes mesmo os alunos bem instruídos das universidades não têm noção de Tempo Geológico, não por acreditarem numa Terra jovem, mas porque eles nunca foram expostos ao conceito ou nunca haviam sido estimulados a pensar sobre isso. Cotner et al. (2010) afirmaram também que, para além do público em geral e dos estudantes, os professores de Ciências igualmente têm dificuldades na compreensão da perspectiva geológica de tempo.

No entanto, esforços têm sido realizados na tentativa de atingir o problema da compreensão de

2 Roger Trend utiliza o termo *deep time*, tempo profundo em tradução direta. No entanto, para o autor, tempo profundo e tempo geológico assumem a mesma conotação, portanto, empregamos tanto “tempo profundo” quanto “tempo geológico” ao nos referirmos ao termo *deep time* aplicado por Trend.

tempo profundo ou Tempo Geológico e de buscar formas de promover o entendimento adequado do conceito. Além dos trabalhos supracitados, as dificuldades em se trabalhar Tempo Geológico em contexto escolar têm sido amplamente discutidas por grupos de pesquisadores na Espanha, Inglaterra, Israel, Portugal e Estados Unidos, a exemplo dos trabalhos respectivamente de Pedrinaci & Berjillos (1994) e Sequeiros et al. (1996); Trend (2001a, 2005), Dodick & Orion (2003a, 2003b) e Dodick (2007); Bonito et al. (2011) e Rebelo et al. (2011); Libarkin et al. (2005), Libarkin (2006) e Libarkin et al. (2007). No Brasil, a discussão sobre a inclusão de temas geológicos na educação básica vem se fortalecendo com intermitência (Carneiro et al. 2004), mas são raras as investigações que se debruçam especificamente sobre a abordagem de Tempo Geológico em contexto real de ensino.

Esse artigo trata de um trabalho de revisão sobre o ensino de Tempo Geológico com os objetivos de discutir a construção histórica do conceito de tempo geológico, apontar dificuldades à compreensão geológica de tempo, pontuar experiências e orientações de pesquisadores com a abordagem de Tempo Geológico em sala de aula, posicionar o tema no currículo escolar brasileiro e apresentar perspectivas de superação das dificuldades de ensinar Tempo Geológico nas escolas brasileiras.

Afinal, o que é o Tempo Geológico?

O tempo geológico, assim como o tempo histórico, está fora do âmbito da nossa experiência direta, portanto, o nosso conceito de tempo geológico é um artefato, precisou ser criado ou inventado (Burchfield 1998). A construção da noção de tempo geológico ocorreu em diversas etapas desde que a interpretação mística e religiosa deixou de dar conta das indagações do homem sobre o passado do planeta. De acordo com Gould (1991), Thomas Burnet, em *Telluris theoria sacra* de 1680, retratou a história da Terra numa interpretação literal das Escrituras e, apesar disso, buscou uma explicação racional (baseada em leis naturais) para tal, trazendo o dilúvio como peça fundamental de sua teoria para se opor à ideia vigente de que a Terra seria eterna e a mesma desde sempre. Assim, para Burnet (1680), a Terra passaria por ciclos repetidos distintos de destruição e reconstrução – o tempo avançaria em ciclos guiados por Deus. A solução bíblica para a criação da Terra de poucos dias a alguns milhares de anos não resistiu muito após a revolução científica.

James Hutton (1795), priorizando observações de campo antes de qualquer concepção, introduziu a possibilidade de uma Terra antiga que se renova em ciclos de erosão e soerguimento. A questão da vastidão do tempo pôde ser explicada pelas evidências apresentadas por Hutton em *Theory of the Earth* de 1795. Ainda assim, doutrinas catastróficas não foram completamente repelidas e continuaram surgindo, mesclando achados científicos e argumentos bíblicos. Gould (1991) sugeriu que Hutton não escrevia bem, portanto, o mundo, ainda despreparado para aceitar e compreender suas ideias, teve de esperar pelos livros mais didáticos de Charles Lyell (1830-33).

Lyell, em *Principles of Geology* de 1830-1833, forneceu informações factuais sobre intensidades e atuação dos processos geológicos correntes – provando que a ação lenta e constante de causas comuns poderia, quando estendida para o tempo profundo, produzir todos os fenômenos geológicos. Ele argumentava que todos os eventos passados poderiam ser explicados pela ação de causas hoje atuantes e que as causas passadas sempre atuaram mais ou menos no mesmo grau de intensidade de hoje. Charles Lyell, considerado fundador da Geologia histórica, é também creditado pela introdução da ideia de “tempo ilimitado”, “tempo vasto” ou tempo profundo (Eicher 1969), embora Gould (1991) defenda que a descoberta do tempo profundo tenha agregado contribuições dos outros cientistas naturais (a exemplo de Burnet e Hutton), linguistas, historiadores, etc. A obra *Principles of Geology* teve grande importância para Charles Darwin e, após a repercussão da teoria evolutiva darwiniana, a questão da amplitude do tempo geológico tornou-se crucial, pois configurou-se como ponto crítico da compreensão da teoria da evolução. A partir de então, os esforços se voltaram principalmente no sentido de calcular a idade absoluta da Terra, das rochas, e não só o tempo relativo a seus processos e eventos. Medições de taxa de decomposição de rochas eram baseadas no aumento de salinidade dos oceanos, na taxa de acumulação de camadas de rochas sedimentares, entre outros. Mas só no século XX, com a eminência da radioatividade, a partir da criação de métodos de datação radiométrica, finalmente, se pôde estabelecer a idade da Terra.

Tempo Geológico tem sido referido em textos didáticos como o tempo decorrido desde o final da fase em que a Terra se consolidou até os dias atuais (Almeida & Barreto 2010) e o tempo relativo a

tudo que aconteceu ao longo da história do planeta Terra, como entende Eicher (1969). Outras definições análogas, como assumir que tempo geológico corresponde ao tempo corrido desde a formação da Terra até o momento em que são registradas referências das primeiras civilizações humanas, ocorrem na literatura. Cotner et al. (2010), numa resolução simples, assumem Tempo Geológico como o conceito geológico de tempo, que requer bilhões de anos. Andersson & Wallin (2006) falam em tempo evolutivo. Ainda, em muitas situações Tempo Geológico e tempo profundo são adotados como sinônimos. Cervato & Frodeman (2012) enfatizam a diferença de ambos: tempo profundo, como proposto por McPhee (1981), refere-se ao trecho vertiginoso do passado que vai além da cultura humana, assim sendo, incorpora os fatos anteriores a 8.000 anos; já Tempo Geológico faz relação à forma como geocientistas contam o tempo, empregando escalas de milhões de anos. Em verdade, nem sempre essa distinção é tão evidente. Não há, portanto, uma definição clara e consensual para Tempo Geológico. Existe, apesar disso, uma noção compartilhada pela comunidade científica sobre a que Tempo Geológico se refere.

Robert Frodeman (1995), filósofo da ciência com extensivos trabalhos relacionados à filosofia da Geologia, argumenta que Geologia tem sido regularmente descrita como uma ciência derivada, baseada em técnicas lógicas (tal qual a Física) e que este julgamento é insuficiente e distorce a compreensão desta ciência e do processo científico em geral; para o autor, Geologia é tanto uma ciência interpretativa quanto histórica. Por esse olhar enviesado dirigido à Geologia, Frodeman (1995) acusou os filósofos da ciência de negligenciarem esta área do conhecimento e tomou como exemplo a falta de atenção dos filósofos em relação ao conceito de tempo geológico. Para o autor, a “descoberta do tempo geológico”, e a consequente reformulação da noção de tempo, equivale em importância à revolução copernicana e a resultante transformação em nossa concepção de espaço, no entanto, pouca consideração é dispensada à noção de tempo geológico (Frodeman 1995). A queixa de Frodeman esclarece a dificuldade em encontrar uma definição singular e unânime para Tempo Geológico, mesmo este sendo um conceito medular da Geologia, que impacta significativamente outras áreas do saber.

Alcançar a noção de tempo geológico pode significar, portanto, retomar os passos de sua construção e consolidação pela comunidade científica,

ou seja, aproximar-se dela numa investida histórica. Para Burchfield (1998), o desenvolvimento histórico se deu essencialmente por meio de cinco passos principais: i) reconhecimento de que o registro das rochas evidencia uma sucessão de acontecimentos pretéritos; ii) assimilação da noção de tempo profundo, ou seja, consentimento de que a idade da Terra é significativamente maior que o registro histórico da humanidade; iii) desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra por meio da construção de uma escala de tempo geológico heurística; iv) criação de métodos quantitativos para calcular a duração da escala do tempo geológico; v) aceitação de um limite quantitativamente determinável para a idade da Terra.

Que problemas desafiam a compreensão adequada de Tempo Geológico?

Apesar de não haver unanimidade a respeito de sua definição na literatura, caracterizar o conceito de Tempo Geológico como demasiado complexo e abstrato, portanto difícil de compreender, é consenso entre pesquisadores. Ainda assim, o desenvolvimento de conceitos na perspectiva de Vigotski (2009) mostra que todo conceito, espontâneo ou científico, exige um grau elevado de abstração e generalização, portanto, de subjetividade. Dessa forma, a elevada abstração atribuída ao conceito de tempo geológico não é particularidade deste conceito em si, mas é uma “regra” comum a “todos” os conceitos e por si só não deve legitimar essa dificuldade de compreensão. Justifica, todavia, a realização de pesquisas que investiguem ângulos diversos dos processos concernentes ao ensino-aprendizagem de Tempo Geológico, que é sim um conceito difícil de ser compreendido, mas não apenas porque é abstrato.

Talvez o “x da questão” seja a quantidade de conhecimento e ideias que a perspectiva geológica de tempo mobiliza. Basta um olhar preciso sobre a história da Geologia para observar os conhecimentos que precisaram ser produzidos e assimilados pela comunidade científica ao longo de mais de 300 anos até que atingíssemos a noção de tempo geológico que compartilhamos hoje.

Sendo assim, por que achamos que os estudantes podem possuir uma concepção prévia clara de Tempo Geológico ou que sejam capazes de compreender adequadamente este conceito apenas com alguma instrução escolar pontual?

A seguir apresentamos alguns dos principais

obstáculos relatados na literatura que desafiam a compreensão adequada de Tempo Geológico por estudantes de escolaridades diversas.

De imediato, Pedrinaci & Berjillos (1994) alertaram que é preciso definir o que significa dizer que um estudante não entende tempo geológico. Para os autores, mesmo uma pessoa que saiba a idade do planeta e conheça seus principais períodos geológicos pode não dominar o conceito de tempo geológico porque, por exemplo, pode apresentar uma perspectiva fixista e acreditar que todas as rochas da Terra têm a mesma idade ou sofreram poucas mudanças ao longo de sua existência; por outro lado, podem confiar numa Terra em constante modificação, mas acreditar que alguns terremotos em sequência são suficientes para afastar continentes. Assim, o conceito de tempo geológico é complexo porque é formado por um conjunto de noções básicas que estão relacionadas entre si e têm Tempo Geológico como conceito inclusor. Dessa forma, o conhecimento de cada noção por si só não é suficiente para oferecer uma perspectiva geológica de tempo adequada e, para os autores, existem diferenças epistemológicas entre os conceitos que integram Tempo Geológico e eles não se situam no mesmo nível, pois alguns são prévios a outros e podem exigir operações intelectuais diferentes (Pedrinaci & Berjillos 1994).

Cervato & Frodeman (2012), numa revisão de literatura, identificaram três grandes obstáculos para o entendimento do sentido de tempo geológico por estudantes: tempo profundo envolve escalas e eventos distantes da experiência humana, aborda números exponenciais e quocientes numéricos desafiadores e a influência de perspectivas religiosas que criam nos estudantes resistência à ideia de uma Terra antiga.

Bonito e colaboradores (2011), a partir de uma pesquisa sobre as concepções de estudantes portugueses (12 e 13 anos) sobre Tempo Geológico, declararam que os estudantes valorizam o conceito na aprendizagem de Geologia, mas não possuem um entendimento avançado sobre o que ele significa, chegando a associar este conceito a fenômenos e acontecimentos que não estão relacionados a Tempo Geológico. Para os autores, as dificuldades dos estudantes na compreensão geológica de tempo residem na complexidade do conceito, que exige alto grau de abstração, e na questão da proximidade temporal: o tempo geológico abarca acontecimentos e fenômenos cronologicamente muito distantes. Das dificuldades relatadas pelos

estudantes, figuram também a necessidade de utilização de números muito grandes, a exigência de memorização e ocorrência de esquemas muito complexos (Bonito et al. 2011). A abordagem de Tempo Geológico, portanto, é uma tarefa cognitivamente muito exigente.

Para Rebelo et al. (2011), a maioria dos estudantes declarou que o conceito de tempo geológico independe de instrumentos de medição e alegou ter aprendido os conceitos de datação relativa e absoluta, no entanto, nem sempre os diferenciaram da maneira correta; ainda, apresentaram dificuldades em organizar uma sequência de acontecimentos numa escala de tempo e desconheciam os critérios fundamentais para a construção da escala de tempo geológico

Libarkin et al. (2007) investigaram concepções de estudantes universitários sobre a escala de tempo geológico e as relações entre tempo e eventos geológicos ou biológicos a partir da avaliação de linhas de tempo elaboradas pelos estudantes. Os autores perceberam que os sujeitos eram capazes de organizar os eventos da história da Terra em uma sequência relativa correta, porém demonstravam má compreensão da escala de tempo entre esses acontecimentos, ou seja, em termos absolutos não conseguiam precisar quando um determinado acontecimento teve lugar e o tempo decorrido entre os eventos que marcam a história da Terra.

Os estudos anteriores de Trend (2001a, 2001b) e Dodick & Orion (2003a) já apontavam esta situação. Trend (2001a) constatou que os estudantes se apropriam melhor do tempo relativo do que do tempo absoluto e que talvez os grandes números que especificam o tempo absoluto possam confundir os alunos ao invés de depurar suas percepções. Dodick & Orion (2003a) testaram a compreensão de tempo absoluto de estudantes de idades variadas e verificaram que a maioria tem dificuldades em entender o conceito de taxas de mudança geológica porque pareciam crer que a deposição geológica ocorre a uma taxa uniforme ou linear ao longo do tempo; acreditavam, portanto, que as idades absolutas dos estratos eram proporcionais ao seu tamanho.

Efetivamente, o estudo de Kim Cheek (2012) averiguou se a capacidade de compreender números de grandeza elevada seria um fator limitante para a apropriação de Tempo Geológico. A autora questionou se os estudantes americanos participantes de sua pesquisa entendiam o tamanho de números na casa dos milhares ou mais, bem como as relações proporcionais entre períodos temporais

de variadas magnitudes. O estudo mostrou que menos da metade dos participantes teve desempenho satisfatório, ou seja, a maioria não seria capaz de compreender processos de grande magnitude que ocorrem no tempo geológico (Cheek 2012).

Outro questionamento importante levantado por Cotner e colaboradores (2010) foi se perspectivas políticas e religiosas de estudantes interferiam na percepção e concordância de assuntos relacionados à teoria evolutiva, como a idade da Terra. De fato, o estudo indicou que a aceitação de uma Terra antiga continua sendo hoje, tal qual foi antigamente, um “doloroso problema³” para muitas pessoas, portanto, uma barreira para a aceitação/compreensão de Evolução (Cotner et al. 2010). O estudo de Libarkin et al. (2005) endossou este ponto de vista ao apontar que um percentual muito baixo de estudantes universitários acredita numa Terra tão antiga quanto seus aproximados 4,6 bilhões de anos; revelou que mesmo estudantes universitários da área de Geociências apresentaram ideias não-científicas sobre a formação da Terra, surgimento da vida e, particularmente, não compreenderam corretamente o conceito de tempo geológico.

Em tempos em que ainda persiste a controvérsia criacionismo/evolucionismo na escola, é preciso estar atento às concepções prévias que os estudantes carregam para a sala de aula. Acreditar numa Terra jovem prejudica a apropriação da noção de tempo geológico (e do processo evolutivo), visto que, de acordo com Burchfield (1998), a assimilação da noção de tempo profundo e a aceitação de uma idade absoluta da Terra foram etapas cruciais do desenvolvimento da noção de tempo geológico.

De fato, Libarkin (2006) sugeriu que a impossibilidade de observação direta do tempo geológico e de vários fenômenos geológicos faz com que muitas ideias dos estudantes sejam influenciadas por outras experiências além da instrução em sala de aula, como observações indiretas. Em estudo prévio, foram apresentadas algumas ideias equivocadas: homens e dinossauros coexistiram; a Pangéia surgiu logo que a Terra se formou; a Terra estava coberta de água ou gelo durante a sua formação; algas ou organismos unicelulares estiveram presentes desde os momentos iniciais de consolidação do planeta. Dessa maneira, é preciso considerar que concepções alternativas dos estudantes (algumas possivelmente influenciadas por pensamentos religiosos e pela mídia) podem impactar considera-

velmente a maneira como os estudantes assimilam Tempo Geológico.

Como ensinar Tempo Geológico na Educação Básica: O que dizem os Pesquisadores

É incontestável a contribuição que as geociências dão para a compreensão dos processos biológicos, em particular, a noção de tempo geológico desempenha papel importante para a estruturação do pensamento evolutivo.

Carneiro et al. (2004) elencaram dez motivos principais para a inclusão de temas de Geologia no ensino básico, entre eles, fornecer uma visão sistêmica do funcionamento do planeta, fundamental para a compreensão da dinâmica da Terra, e oferecer uma perspectiva temporal das mudanças que afetaram o planeta e os seres vivos. Os autores também ressaltaram que inserir a história da Terra e da vida é fundamental para a compreensão da natureza e de sua história. O estudo do ecossistema deveria incluir os 4,6 bilhões de anos da Terra: estudar a origem e evolução da Terra e seus ambientes para compreender a configuração presente, suas características dinâmicas e as consequências de ações antrópicas sobre o meio, e assim, promover a reflexão sobre as possibilidades futuras (Toledo 2005).

Van Dijk & Kattmann (2009) também acreditam que diversos temas das aulas de Biologia podem ser enriquecidos e relacionados entre si por meio de relatos da história da vida. Por exemplo, a biodiversidade não deve ser estudada de maneira estática, mas deve incluir o panorama temporal com relatos da história ancestral dos organismos – as chamadas narrativas históricas. Para os autores, a incorporação das narrativas históricas no ensino de Biologia pode proporcionar um contexto coerente (unificador) para o ensino de Evolução.

Da mesma forma, Pedrinaci & Berjillos (1994) acham conveniente realizar um tratamento conjunto que incorpore elementos básicos da história da Terra e da vida, pois concordam que o conhecimento de alguns fatos destacáveis da história da Terra nos ajuda a construir o conceito de tempo geológico porque iluminam a visão sobre o passado, por vezes obscuro, do planeta, sendo que estes referentes são fundamentais para entendermos a configuração atual da Terra, inclusive as características dos seres vivos que a habitam.

Não só a história da Terra e da vida devem ser trabalhadas, mas, para Zimmermann (2012), a própria história das geociências pode ser intro-

3 Cotner et al. (2010) utilizam a expressão *soresit troubles*, aqui interpretado como “doloroso problema”.

duzida no currículo, pois permite a reflexão sobre ideias e noções da área e possibilita um ensino com enfoque também na natureza da ciência. Para a autora, Geociências, por sua natureza histórica e interpretativa, auxilia na construção modos de produção de conhecimento que são negligenciados na Biologia, situação grave porque a teoria evolutiva só pode ser compreendida adequadamente incluindo essa perspectiva histórica.

O resgate da história da Geologia também foi defendido por Pedrinaci & Berjillos (1994) como uma opção viável para se trabalhar a percepção de um planeta dinâmico (não estático), ao mostrar como ideias fixistas sobre a Terra foram defendidas por filósofos e historiadores naturais até que a perspectiva dinâmica ganhou força no meio acadêmico. Para os autores, é fundamental associar tempo geológico com mudança, assim, é importante também planejar estratégias de intervenção que ajudem a mobilizar as concepções dos estudantes desde posições estáticas (ideias fixistas) até perspectivas dinâmicas, como por exemplo, utilizar fotografias ou amostras de rochas para explicar as alterações que ocorrem em rochas resultando em mudanças na paisagem, ou trabalhar com estudos de caso sobre catástrofes naturais, que acarretam em mudanças facilmente perceptíveis e produzem efeitos significativos em curto espaço de tempo sobre o local atingido. Essas atividades podem ajudar os estudantes a entender que mudanças geológicas são produzidas tanto por processos lentos e contínuos quanto por outros esporádicos e intensos (Sequeiros et al. 1996).

A inclusão da história da Geologia também pode contribuir para a construção do significado de Tempo Geológico enquanto ilustra como o saber científico é estruturado, com discussão em aula de algumas das variadas tentativas de se calcular a idade da Terra; assim, o conhecimento sobre a idade do planeta passa a ser um problema a se refletir, mostrando a relação que existe entre metodologias de investigação e as teorias que servem de base (Pedrinaci & Berjillos 1994).

No entanto, de acordo com Cheek (2012), é preciso estar ciente de que podem faltar aos estudantes referenciais numéricos suficientes para que os números envolvidos no tempo geológico façam sentido. Assim, fazer relações numéricas explícitas oralmente ou por meio de um gráfico, usando referências, pode ser uma peça-chave na compreensão de Tempo Geológico. A autora sugere a utilização de um modelo linear, relacio-

nando a duração de processos geológicos diversos e mostrando a escala de tempo geológico, que pode ajudar os estudantes a fazer as relações numéricas com eventos específicos, uma vez que o gráfico internacional oficial do tempo geológico, organizado em colunas, pode apresentar alguma dificuldade de interpretação, conduzindo a conclusões erradas. De fato, Dodick & Orion (2003a) indicam que há uma conexão entre a visualização espacial e a compreensão temporal. Assim, a utilização de esquemas e gráficos pode favorecer a percepção geológica de tempo.

Nesse sentido, Pedrinaci & Berjillos (1994) alertaram que os alunos podem acreditar que os períodos geológicos existem naturalmente e não são construções humanas utilizadas para ordenar o passado; portanto, ao se introduzir nomes e datações dos períodos geológicos, é útil destacar os acontecimentos que marcam os limites desses períodos.

Uma outra estratégia popular em materiais educativos que pretende facilitar a compreensão da magnitude do tempo diante da dificuldade de assimilação de números muito grandes é o uso de analogias e metáforas. Exemplos são a representação da escala de tempo geológico e história da Terra num relógio de 24 horas e a correlação entre a idade da Terra, sua história e as páginas de um livro. No entanto, a utilização de uma representação mais familiar aos estudantes na tentativa de explicar conceitos abstratos deve ser feita com cautela. Inúmeros estudos sobre o emprego de analogias e metáforas no ensino de ciências apontaram que este tipo de estratégia pode tanto facilitar quanto dificultar o aprendizado. Se os professores restringirem suas explicações à analogia sem que as relações entre ela e o referente real sejam negociadas com os estudantes, corre-se o risco de que estes estudantes elaborem modelos mentais que não são coerentes (Mozzer & Justi 2015). Isso porque analogias podem levar a interpretações errôneas e diferentes entre os estudantes, que podem não ter o conhecimento necessário para entendê-las e se posicionarem criticamente diante da correlação sugerida (Dotti 2007).

Mozzer & Justi (2015) orientam que o potencial das analogias como ferramentas didáticas depende principalmente de três fatores: entender as similaridades envolvidas na relação, explicitar estas semelhanças e explicar uso que se faz dessas comparações no ensino-aprendizagem, garantindo a participação ativa do estudante nesse processo. De fato, Andersson & Wallin (2006) assumiram que é

fundamental tornar concreto o tempo evolutivo⁴ e relataram sucesso com a utilização de um longo corredor de um colégio para fixar diferentes eventos de acordo com a escala de tempo geológico. Em uma atividade semelhante, com o intuito explorar as concepções dos estudantes sobre história geológica, Dolphin (2009) relatou a construção de uma linha do tempo com 4.600 milhões anos sobre a qual eram posicionadas cartas que representavam alguns dos grandes passos da vida na Terra. Para o autor, os estudantes obtêm uma melhor imagem da antiguidade da Terra quando percebem, por exemplo, que mesmo um evento tão “distante” como a existência de dinossauros tenha ocorrido, na perspectiva geológica, há relativamente pouco tempo.

Nesse sentido, Kastens et al. (2009) sinalizam que fazer os alunos utilizarem imagens e narrativas para estabelecer a sequência de eventos da história da Terra antes de anexarem as idades numéricas é uma técnica promissora para que os estudantes melhorem sua percepção de tempo geológico. Isso porque pensar sobre a história da Terra como uma sequência de eventos permite que os alunos usem sua experiência e raciocínio temporal como base, como a noção de que eventos antigos podem influenciar os posteriores, mas não o oposto.

Dolphin (2009) discutiu a experiência exitosa que alcançou com o desenvolvimento de duas unidades curriculares para ensinar sobre placas tectônicas e Tempo Geológico numa perspectiva histórica. O autor usou artifícios como contar histórias, utilizar textos históricos originais, desenvolver narrativas, dramatizações e leitura de artigos para construir o entendimento sobre um conjunto de ideias centrais a respeito destes temas, que eram discutidas utilizando como estratégia a realização de perguntas relevantes. Concluiu que essa “tática” ajudou os estudantes a desenvolverem e contextualizarem sua própria aprendizagem, resultando numa maior compreensão dos conceitos e habilidades fundamentais, bem como promoveu a reflexão sobre o “fazer ciência”.

De maneira clara e objetiva, Pedrinaci & Berjillos (1994) elencaram orientações para a abordagem de Tempo Geológico tomando como base o ensino secundário espanhol. Além das sugestões já citadas, consideram fundamental abordar rochas como “arquivos históricos”⁵, ou seja, como

4 As autoras usam “tempo evolutivo” ao referirem-se a tempo profundo ou tempo geológico.

5 A ideia de rochas como arquivos históricos tem grande potencial organizador e significa que elas possuem informação sobre as condições em que

entidades que ajudam a desvendar o passado da Terra. Assim, pontuam que a origem das rochas deve colocar-se como um problema antes de sua diversidade genética e que é fundamental fazer o tratamento contextualizado com fósseis numa abordagem conjunta. Para os autores, é imprescindível tratar simultaneamente a origem das rochas e dos fósseis porque estudantes apresentam a ideia equivocada de que as rochas se formaram antes dos fósseis que contêm.

Dodick & Orion (2003a) ressaltaram que a capacidade de entender taxas de mudança é um elemento crítico para uma compreensão completa sobre o processo de transformação geológica ao longo do tempo, portanto, é imprescindível trabalhar estratégias que facilitem o domínio dos princípios estratigráficos.

Pedrinaci & Berjillos (1994) também afirmaram que os estudantes precisam exercitar a utilização dos princípios básicos de cronologia relativa, como os princípios da horizontalidade dos estratos, superposição e sucessão de acontecimentos, que facilitam o estabelecimento de critérios de causalidade entre uma sequência de acontecimentos ao longo do tempo. A aplicação de princípios geológicos básicos pode ser praticada, por exemplo, solicitando aos estudantes a reconstrução de histórias a partir de pistas deixadas por fósseis, uma atividade bastante atrativa que também familiariza os estudantes com teorias, princípios e métodos de trabalho que ajudam a interpretar o registro geológico e reconstruir a sua história (Sequeiros et al. 1996), pois a interpretação de pistas permite construir uma conexão entre o passado e o presente (Dodick & Orion 2003a).

Para Cervato & Frodeman (2012), o grande desafio do ensino de Tempo Geológico é achar novas maneiras de transmitir uma concepção ampla e rica do tema para os estudantes através do currículo. Assim, segundo os pesquisadores, três abordagens - econômica, política e cultural - podem motivar e aproximar os estudantes de uma concepção mais ampla e adequada do tempo geológico. As implicações econômicas do tempo profundo levantam questões sobre a prática econômica e o impacto futuro; a esfera política refere-se à relação entre o tempo profundo e a tomada de decisões públicas; e, finalmente, o domínio cultural relaciona a sociedade global de consumo e a disponibilidade de recursos naturais. A abordagem curricular do conceito de tempo geológico, portanto, tem um papel

se originaram e as alterações posteriores que experimentaram (Pedrinaci & Berjillos 1994).

fundamental no desenvolvimento da cidadania.

Por fim, o conceito de tempo geológico não aparenta poder ser adquirido de uma só vez, seguindo um processo linear, mas sim a partir de aquisições parciais que vão relacionando-se e integrando-se; não parece correto limitar sua abordagem a uma única intervenção ou unidade didática (Pedrinaci & Berjillos 1994). Ensinar Tempo Geológico de forma coerente implica em abordar o conceito e os conhecimentos e conteúdos relacionados a ele ao longo do ensino básico; ainda melhor se de forma transversal entre as disciplinas obrigatórias do currículo. No Brasil, esta perspectiva parece distante e obstáculos diversos se impõem. Um passo relevante nessa caminhada é a abertura do currículo escolar brasileiro para os conteúdos de Geociências.

O lugar de Tempo Geológico no Currículo Escolar Brasileiro

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil 2000) orientam o professor sobre novas abordagens e metodologias, tomando como referência a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96), que estabeleceu os princípios e finalidades da educação no país. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) é o documento do Ministério da Educação que orienta os princípios da reforma curricular do ensino médio no Brasil. O PCNEM organiza o currículo a partir de competências básicas a serem desenvolvidas pelos estudantes durante a formação escolar, preparando-os para o desempenho de atividades profissionais e para o exercício da cidadania (Brasil 2000).

O currículo segundo o PCN, mirando o desenvolvimento dessas habilidades e competências, é articulado em torno de eixos básicos que orientam a seleção de conteúdos significativos, promovendo uma abordagem global e articulada dos conhecimentos oriundos de disciplinas diversas. Portanto, de acordo com as orientações curriculares complementares ao PCN, o PCN+ para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, os temas relacionados a Geociências devem ser abordados em Biologia, Física e Química num contexto interdisciplinar inerente a estas disciplinas (Brasil 2002).

Neste sentido, Tempo Geológico acha espaço, no currículo de Biologia, dentro do Tema Estruturador “Origem e Evolução da Vida”, que destaca a importância da compreensão das origens da vida,

Terra e Universo; a relevância de abordar a história da vida e dimensionar processos vitais em diferentes escalas de tempo; assim como a necessidade de promover familiarização com mecanismos básicos que propiciam a evolução (Brasil 2002). De fato, o PCN+ de Ciências da Natureza sugere a esquematização de grandes linhas da evolução dos seres vivos a partir da análise de árvores filogenéticas e a construção de uma escala de tempo na Unidade Temática “Ideias evolucionistas e a evolução biológica”. Segundo o documento, o lugar de Tempo Geológico no Ensino Médio é junto ao ensino de Evolução.

A medida provisória 746 de 22 de setembro de 2016, publicada no Diário Oficial da União em 23 de setembro de 2016, alterou a LDB/96 e a Lei nº 11.494 de 20 de junho 2007 que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais (FUNDEB), instituindo o ensino em tempo integral, a alternativa de formação de nível técnico e profissional e a flexibilização do currículo básico – que terá uma parte comum e obrigatória a todas as escolas (a Base Nacional Comum Curricular - BNCC) e outra parte versátil (disciplinas eletivas). Nesse sentido, o currículo do ensino fundamental passa a ser dirigido pela BNCC⁶, que define competências e conhecimentos essenciais a serem oferecidos a todos os estudantes na parte comum, que abarca quatro áreas do conhecimento: Línguas, Matemática, Ciências da Natureza e Ciências Humanas.

O BNCC estabelece que os conteúdos pertencentes ao componente curricular Ciências estão relacionados a variados campos científicos, como Ciências da Terra, Biologia, Física e Química, e os conhecimentos sistematizados dessas áreas devem ser apresentadas articuladamente a partir de temáticas mais amplas, as unidades de aprendizagem (Brasil 2017). Notadamente, a área de Ciências da Terra aparece em destaque junto às demais, o que sugere que Ciências da Terra deveria estar no mesmo patamar em que figuram Biologia, Química e Física em termos de conhecimentos a serem ensinados durante o ensino fundamental e, portanto, implicaria na incorporação de conteúdos de Geociências desde o início da educação básica.

6 A BNCC encerrou a fase de elaboração, sendo homologada ainda em 2017. Os sistemas de ensino deverão estabelecer um cronograma de implantação e iniciar o processo de implementação já a partir do segundo ano letivo.

Em sua segunda versão, no que concerne à área de Ciências da Natureza (composta por Biologia, Química e Física), o BNCC afirma que esta esfera do conhecimento permite que as pessoas aprendam sobre si mesmas; sobre o surgimento de sua espécie no processo evolutivo; sobre o mundo material, seus recursos naturais e transformações, inclusive impactos ambientais causados pela exploração humana; sobre a diversidade da vida na Terra e sobre o próprio planeta no sistema solar e no universo e os movimentos e as forças que atuam na manutenção e na transformação desses sistemas (Brasil 2016). Esta definição da área elenca objetivos em que Tempo Geológico pode figurar como um conceito essencial a ser trabalhado, marcadamente, para situar o lugar do surgimento da espécie humana na história da vida, compreender a duração de determinadas transformações naturais, mensurar consequências de impactos ambientais e reconhecer perspectivas temporais relacionadas à diversidade da vida na Terra.

Embora não se apresente de forma explícita, de maneira geral, o BNCC abre espaço no currículo do Ensino Fundamental para a abordagem Tempo Geológico, em especial na área de Ciências, ao propor a abordagem do sistema Terra e transformações e evolução do planeta. Prevalece no BNCC, assim como no PCN+ Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, o entendimento de que a noção de tempo geológico está atrelada à abordagem do processo evolutivo.

Mas será que os professores de Ciências e Biologia estão sendo preparados para ensinar os temas de suas disciplinas enriquecidos com o conhecimento de Geociências? Segundo Guimarães (2004) e Toledo (2005), os professores do ensino básico não estão aptos para abordar os conteúdos geológicos da forma como recomendam os documentos oficiais. Assim, corre-se o risco de, inseguros para realizar uma abordagem integradora adequada, apresentarem conteúdos de Geociências como tópicos eventuais durante o desenvolvimento de suas disciplinas, sem a necessária integração e contextualização que os documentos oficiais exigem. Enquanto este problema de má formação dos professores for ignorado, a transformação curricular dificilmente sairá do papel.

Um Espaço para Reflexões

Com este artigo esperamos ter evidenciado que favorecer a compreensão de tempo geológico

ainda no ensino básico é imprescindível. A importância do ensino de uma perspectiva geológica de tempo desde a Educação Básica possibilita que os estudantes possam entender que as relações complexas entre os seres vivos, seus ambientes e o planeta Terra foram formadas ao longo do tempo geológico, possibilitando uma visão mais ampla e integrada da Terra como um sistema vivo e em contante mudança. Ainda mais importante, a noção de tempo profundo permite a reflexão sobre o papel da espécie humana, que surgiu tão recentemente na história evolutiva no planeta, no sistema Terra, portanto, abre espaço para se discutir questões socioambientais que estão em evidência atualmente incorporando à discussão o panorama geológico.

Por ser um conceito complexo que mobiliza muitos conhecimentos de disciplinas distintas, o ensino de Tempo Geológico deve favorecer também a compreensão de assuntos dessas áreas diversas (Biologia, Geografia, Física, Filosofia, Matemática), podendo, inclusive, ser abordado no currículo escolar como um tema transversal.

No Brasil, as dificuldades para o ensino de Tempo Geológico na educação básica podem estar relacionadas a questões variadas. Na seção anterior apontamos uma delas, o despreparo de professores do ensino básico para lidar com conteúdos de Geociências, questão que pode estar associada à formação insuficiente ou inadequada nos cursos de licenciatura no país, que não oferecem disciplinas de Geociências e/ou não estimulam discussões que permitam a comparticipação entre saberes de diversas áreas. Se os professores da educação básica não têm segurança sobre os conhecimentos de Geologia que possuem, terão dificuldades para levar estes conhecimentos para a sala de aula e, possivelmente, não o farão, por mais que os documentos oficiais orientem abordagens transversais nas unidades curriculares.

Outro agravante é a falta de recursos didáticos que possam orientar a atuação dos professores e o desenvolvimento de atividades envolvendo temáticas de Geociências. Os livros didáticos de Geografia, por exemplo, em geral, abordam conteúdos de Geociências de maneira frugal e os temas aparecem de forma fragmentada nos manuais, sendo de pouca ajuda para os professores (Santos & Chaves 2011). Da mesma forma, os livros didáticos de Biologia, no tocante a Paleontologia, abordam superficialmente e de forma incompleta os conteúdos fundamentais da área (Moraes et al. 2010).

Uma saída, talvez, para auxiliar os docentes do

ensino básico seria a promoção de cursos de atualização e programas de educação continuada. No entanto, para que conteúdos e métodos oferecidos sejam de fato adequados à realidade dos professores, é importante a realização de investigações que possam dar suporte a essas estratégias para fornecer os conteúdos, metodologias e materiais que os professores de fato irão precisar em suas práticas.

Em relação ao currículo, ainda que os manuais orientadores indiquem o ensino de Tempo Geológico e outros temas com base geológica nos níveis fundamental e médio, a ausência de uma disciplina que reúna e integre todos os conteúdos básicos de Geociências no currículo escolar brasileiro (Geologia, Geociências ou Ciências da Terra, por exemplo) faz com que estes conteúdos dispersem-se em outras disciplinas (Biologia, Geografia, História, Química, Física e Filosofia), onde a maioria dos professores não recebe a formação adequada para se aprofundarem nestes assuntos. Assim, ao invés de integração e contextualização do conhecimento de Geociências com outras áreas de ensino, ocorrerá fragmentação.

Os entraves para a abordagem de Tempo Geológico na Educação Básica brasileira, portanto, vão além dos problemas de compreensão do próprio conceito pelos estudantes, ponto que também carece de investigações que possam precisar exatamente quais são as dificuldades dos nossos estudantes para que seja possível elaborar estratégias e recursos didáticos para enfrentá-las.

Precisamos avançar nas reflexões a respeito de nossas dificuldades e começar a desenvolver pesquisas que possam esclarecer nossa conjuntura em relação à compreensão e ensino de Tempo Geológico nas escolas, bem como viabilizar diretrizes e materiais didáticos para facilitar a inserção deste conceito em contexto real de ensino.

Referências

- Almeida J.C., Barreto A.M.F. O Tempo Geológico e Evolução da Vida. In: Carvalho I.S. org. 2010. *Paleontologia: Conceitos e métodos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 93-109.
- Andersson B., Wallin A. 2006. On Developing Content-oriented Theories Taking Biological Evolution as an Example. *Int. J. Sci. Educ.*, **28**(6):673-695.
- Bonito J., Rebelo D., Morgado, M., Monteiro G., Medina J., Marques L., Martins, L. 2011. A Complexidade do Tempo Geológico e a sua Aprendizagem com Alunos Portugueses (12-13 anos). *Terrae Didactica*, **7**(1):60-71, 2011.
- Bowring S.A. Perceptions of Time Matter: The Importance of Geoscience Outreach. In: Tong V.T.H. ed. 2014. *Geoscience Research and Outreach: Schools and Public Engagement*. London: Springer. 2014. p. 11-15.
- Brasil. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. 2000. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2000, 71p.
- Brasil. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. 2002. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002, 144p.
- Brasil. Ministério da Educação. 2016. *Base Nacional Comum Curricular*. Proposta preliminar. Segunda versão revista. Brasília: MEC, 2016. URL: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>> Acesso: 23.03.17.
- Brasil. Ministério da Educação. 2017. *Base Nacional Comum Curricular*. Proposta preliminar. Terceira versão. Brasília: MEC, 2017. URL: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>> Acesso: 22.04.17.
- Burchfield J.D. 1998. The age of the Earth and the invention of geological time. In: Blundell D.J., Scott A.C. eds. 1998. *Lyell: the Past is the Key to the Present*. London: Geol. Soc. Spec. Publ. p.137-143.
- Carneiro C.D.R., Toledo M.C.M., Almeida F.F.M.de. 2004. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. *Rev. Bras. Geoc.*, **34**(4):553-560.
- Cervato C., Frodeman R. 2012. The significance of geologic time: cultural, educational and economic frameworks. *Geol. Soc. Am. Spec. Papers*, **486**:19-27.
- Cheek K. 2012. Students' Understanding of Large Numbers as a Key Factor in their Understanding of Geologic Time. *Intern. J. Sci. & Mathem. Educ.*, **10**(5):1047-1069.
- Cotner S., Brooks D.C., Moore R. 2010. Is the age of the Earth one of our "sorest troubles?" Students' perceptions about deep time affect their acceptance of evolutionary theory. *Evolution*, **64**(3):858-864.
- D'Argenio B. 2009. Charles Darwin and geological time conceptions. *Rend. Lincei*, **20**(4):307-315.
- Dodick J. 2007. Understanding evolutionary change within the framework of geological time. *McGill Journal of Education*, **42**(2):245-264.
- Dodick J., Orion N. 2003a. Cognitive factors affecting student understanding of geological time. *J. Res. Sci. Teach.*, **40**(4):415-442.
- Dodick J., Orion N. 2003b. Measuring Student Understanding of Geological Time. *Sci. Educ.*, **87**(5):708-731.
- Dolphin G. 2009. Evolution of the Theory of the Earth: A Contextualized Approach for Teaching the History of the Theory of Plate Tectonics to Ninth Grade Students. *Sci. Educ.*, **18**(3-4):425-441.
- Dotti A.F. 2007. *O uso de analogias no processo didático: Um estudo sobre livros de Ciências para a última série do Ensino Fundamental*. Araraquara: Fac. Ciênc. Letras. UNESP. 219p. (Dissert. Mestrado).
- Eicher D.L. 1969. *Tempo Geológico*. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 172p.
- Frodeman R. 1995. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **107**(8):960-968.
- Gould S.J. 1991. *Seta do tempo, ciclo do tempo: mito e*

- metáfora na descoberta do tempo geológico. São Paulo: Editora Schwarcz, 221p.
- Guimarães E. M. 2004. A contribuição da Geologia na construção de um padrão de referência do mundo físico na educação básica. *Rev. Bras. Geoc.*, **34**(1):87-94.
- Kastens K.A., Manduca C.A., Cervato C., Frodeman R., Goodwin C., Liben L.S., Mogk D.W., Spangler T.C., Stillings N.A., Titus S. 2009. How Geoscientists Think and Learn. *Eos*, **90**(31):265-272.
- Libarkin J.C., Andreson S.W., Dahl J., Beilfuss M., Boone W. 2005. Qualitative Analysis of College Student's Ideas about Earth: Interviews and Open-Ended Questionnaires. *J. Geosci. Educ.*, **53**(1):17-26.
- Libarkin J.C. 2006. College Student Conceptions of Geological Phenomena and their Importance in Classroom Instruction. *Planet*, **17**(1):6-9.
- Libarkin J.C., Kurdziel J.P., Anderson S.W. 2007. College Student Conceptions of Geological Time and the Disconnect Between Ordering and Scale. *J. Geosci. Educ.*, **55**(5):413-422.
- Moraes S.S.de, Santos J.F.S., Brito M.M.M. 2007. Importância dada à Paleontologia na Educação Brasileira: uma análise dos PCN e dos livros didáticos utilizados nos colégios públicos de Salvador – BA. In: Carvalho et al. orgs. *Paleontologia: Cenários da Vida*, **2**. Rio de Janeiro: Interciência, 2007. p. 71-75.
- Mozzer N.B., Justi R. 2015. “Nem tudo que reluz é ouro”: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. *Rev. Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, **15**(1):123-147.
- Pedrinaci E., Berjillos P. 1994. El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **2**(1):240-251.
- Rebelo D., Morgado M., Monteiro G., Bonito J., Medina J., Martins L., Marques L. 2011. O tempo geológico na formação de professores: das concepções de alunos à construção de materiais didáticos. In: Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogía, 11. *Atas... La Coruña: Revista Galego-Portuguesa de Psicología e Educación e Universidade do Minho*, p.713-722.
- Santos S.F., Chaves J.M. 2011. As Diferentes Abordagens dos Conteúdos de Geociências nos Livros Didáticos: uma análise dos materiais utilizados por estudantes da rede pública de ensino de Feira de Santana – BA. In: Seminário de Iniciação Científica da Universidade de Feira de Santana, 15. *Anais... Feira de Santana: UEFS*, p.897-900.
- Sequeiros L., Pedrinaci E., Berjillos P. 1996. Cómo enseñar y aprender los significados del Tiempo Geológico: algunos ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **4**(2):113-119.
- Toledo M.C. 2005. Geociências no ensino médio brasileiro. Análise dos parâmetros curriculares nacionais. *Geol. USP, Sér. Didát., Publ. Espec.* **3**:31-44
- Trend R.D. 2001a. An Investigation into the Understanding of Geological Time among 17-year-old Students, with Implications for the Subject Matter Knowledge of Future Teachers. *Int. Res. Geogr. Environ. Educ.*, **10**(3):298-321.
- Trend R.D. 2001b. Deep time framework: A preliminary study of U.K. primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of Geoscience. *J. Res. Sci. Teach.*, **38**(10):191-221.
- Trend R.D. 2005. Individual, situational and topic interest in geoscience among 11- and 12- year-old children. *Res. Paper. Educ.*, **20**(3):271-302.
- Van Dijk E.M., Kattmann U. 2009. Teaching Evolution with Historical Narratives. *Evolution: Education and Outreach*, **2**(3):479-489.
- Vigotski L.S. 2009. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 496p.
- Zen E. 2001. What is deep time and why should anyone care? *J. Geosci. Educ.*, **49**(1):5-9.
- Zimmermann N. 2012. Para além da seleção natural: algumas considerações sobre as contribuições de ‘Darwin como Geólogo’ para o ensino de Biologia. *Terrae*, **9**(1-2):2-11.