



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS
CIÊNCIAS

RAFAELA SANTOS CHAVES

**COMO ABORDAR TEMPO GEOLÓGICO NA EDUCAÇÃO
BÁSICA? DEFININDO DIRETRIZES E DESENVOLVENDO
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Salvador

2017

RAFAELA SANTOS CHAVES

**COMO ABORDAR TEMPO GEOLÓGICO NA EDUCAÇÃO
BÁSICA? DEFININDO DIRETRIZES E DESENVOLVENDO
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, para obtenção do título de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração de Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rejâne Maria Lira-da-Silva

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Simone Souza de Moraes

Salvador

2017

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Universitário de Bibliotecas da UFBA para ser confeccionada pelo autor

Chaves, Rafaela Santos
Como abordar tempo geológico na educação básica? Definindo diretrizes e desenvolvendo uma sequência didática / Rafaela Santos Chaves. -- Salvador e Feira de Santana, 2017.
165 f.

Orientadora: Rejâne Maria Lira-da-Silva.
Coorientadora: Simone Souza de Moraes.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências) -- Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, 2017.

1. Tempo geológico. 2. Sequência didática. 3. Design Research. 4. Ensino de Geociências. 5. Ensino de Biologia. I. Lira-da-Silva, Rejâne Maria. II. Moraes, Simone Souza de. III. Título.

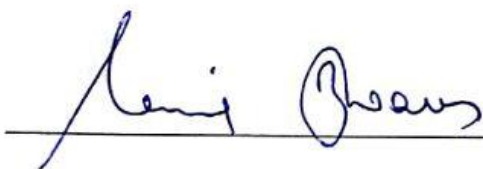
RAFAELA SANTOS CHAVES

Como abordar Tempo Geológico na Educação Básica?

Definindo diretrizes e desenvolvendo uma sequência didática

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração de Ensino de Ciências, avaliada pela seguinte banca examinadora.

BANCA EXAMINADORA:



Prof^ª. Dr^ª. Marina Bento Soares

Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Miranda Guimarães

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia



Prof^ª. Dr^ª. Simone Souza de Moares (Coorientadora)

Universidade Federal da Bahia



Prof^ª. Dr^ª. Rejane Maria Lira-da-Silva (Orientadora)

Universidade Federal da Bahia

Agradecimentos

Agradeço a todos que contribuíram e incentivaram a realização deste trabalho. Aqueles que me apoiaram ao longo desta etapa, especialmente nos momentos de insegurança, impotência, desânimo e raiva, que em geral tentamos omitir, têm a minha gratidão mais profunda. Apesar das crises existenciais que provocou, o mestrado foi uma experiência excepcional e devo isso às pessoas que citarei a seguir, essas sim minhas maiores referências.

Família: mãe, irmã, Chico (*in memoriam*), Capitu e Dinho. Seja qual for o cenário, a qualquer tempo e onde quer que eu esteja, sei que estarão ao meu lado. Graças a minha mãe, que também faz as vezes de agência de financiamento, pude investir numa carreira acadêmica. Nos dias atuais, quantos mais têm esse privilégio? [Mãe, te amo!] Felicidade também ter um amigo que vale mais que 666 parentes, generoso o bastante para ser até meu revisor e tradutor bilíngue exclusivo! [Dinho, gra-ti-dão!] Aos meus filhos – Chico e Capitu – devo a minha lucidez (ou não), as lembranças felizes que me confortaram nos momentos de tristeza e o carinho necessário para não perder as estribeiras. Capitu foi a companhia mais fiel durante o processo de escrita desta dissertação, aconselho todo pós-graduando estressado a ter um cachorro por perto na hora de escrever!

Credito às minhas madrinhas acadêmicas, Rejâne e Simone, os méritos desta pesquisa. Há seis anos começamos uma parceria no ensino de Paleontologia que tem gerado frutos dos quais me orgulho muito. Agradeço a Rejâne pelo entusiasmo para orientar uma pesquisa numa área que não é sua especialidade; pela força que tem me dado desde que começamos a trabalhar juntas; pelos elogios e críticas nas horas certas; por mostrar ângulos positivos deste trabalho quando eu só enxergava o que não pôde ser realizado a contento. Igualmente, agradeço a Simone pela disposição para orientar uma pesquisa de Ensino e Educação, por vezes tão subjetiva para uma mente tão objetiva e prática; pelas revisões e correções bem-humoradas; pelo apoio em todas as etapas desta investigação, inclusive quando precisei de outros braços e pernas para ajudar [Valeu, Isac!]; por também lembrar dos bons resultados da pesquisa quando eu só me concentrava naquilo que não saiu como planejei. Não tenho dúvidas de que tenho muita sorte por tê-las como orientadoras e amigas.

Reverencio o “Cerveja Filosófica” pelos momentos de descontração, animação, diversão e bem-estar, tão importantes para manter o estresse sob controle na pós-graduação. Nossos debates filosóficos regados a cerveja foram tão importantes quanto os fichamentos de artigos para revisão da literatura. [“*Sun is shining, the weather is sweet*”, vocês foram/são

espetaculares!]. E à *spin-off* do “Cerveja”, o “Galera do Banco”, me faltam palavras para agradecer... *Design Research*, argumentação, alterização, feminismo, questões de gênero, lições de vida - tenho aprendido muito com minhas “Vidas”.

Sou grata também aos meus colegas de 2015.1 (e agregados de outras turmas) pela troca de ideias durante as aulas e seminários. Acho que mais uma vez o acaso foi auspicioso e dividi minha formação com uma galera massa! Em especial, sou muito grata a Vanderson por compartilhar comigo sua experiência e conhecimentos, por me ouvir e sugerir soluções para meus desafios nesta pesquisa. Da mesma maneira, devo muito à generosidade de Nayara e Hemilly. Vejo os três como colaboradores desta pesquisa também.

Agradeço ao PPGEFHC, secretaria e professores, pelo ambiente saudável que temos, estimulando mais a colaboração que a competição acadêmica. Bravo! Particularmente, sou grata aos professores Zé Luís, Jonei, Rosiléia e Ana Paula pelas ótimas contribuições a esta pesquisa em nossas discussões durante as disciplinas “Formação de Conceitos Científicos” e “Referenciais Teóricos e Metodologia da Pesquisa em Educação Científica”. Estendo meus agradecimentos também à professora Cláudia Sepúlveda, que, gentilmente, no susto, foi a debatedora do meu trabalho no Seminário de Pesquisa.

Obrigada também aos professores do ensino básico que são exemplos para mim, sobretudo aqueles que estão enfrentando duas peijas cada vez mais difíceis no Brasil: ensinar e pesquisar. Agradeço aos professores que compartilharam comigo saberes escolares, acadêmicos e macetes da vida; os que supervisionaram meus primeiros passos “de professora” nos colégios; todos que já colaboraram com “meus” projetos, especialmente a equipe do Ciência, Arte & Magia.

Entre todos os docentes, devo muito à professora do Colégio Estadual Almirante Barroso, Ruth Rocha, por ter aceitado o desafio de colaborar com esta pesquisa. Talvez esta investigação tenha dado tanto trabalho a ela quanto deu a mim, mas acredito que também tenha sido uma experiência enriquecedora e gratificante. A propósito, aos meninos e meninas da turma 1º A – Vespertino de 2016 do “Barroso”, meu agradecimento mais que especial!

Toda minha gratidão às ilustres componentes das bancas de qualificação e defesa. Que honra ouvi-las! As correções, críticas, orientações e sugestões têm colaborado (e vão colaborar) não só para a melhoria deste relato de pesquisa e para o progresso da investigação, como também para o meu amadurecimento como pesquisadora. Obrigada DE VERDADE.

Finalmente, um “obrigada” tímido, elegante e sincero a toda gente que torce por mim.

RESUMO

Tempo Geológico é o conceito central de Geociências, tem grande importância na evolução do pensamento científico, é parte da bagagem cultural da humanidade e uma noção importante na tomada de decisões socialmente responsáveis sobre o uso de recursos do planeta. Para o ensino de Ciências, impacta diretamente a compreensão de Evolução. A literatura tem apontado que Tempo Geológico é um conceito muito difícil de ensinar e compreender, principalmente no ensino básico, porque, além do alto grau de abstração, exige a interpretação de números grandes e de escalas e eventos distantes da experiência humana. A carência de investigações, recursos didáticos e orientações que auxiliem os professores brasileiros no ensino de Tempo Geológico na educação básica evidencia a importância do desenvolvimento de uma investigação sobre a elaboração de uma intervenção para tratar o tema em aulas de Biologia do ensino médio. Com o objetivo de investigar as características que uma sequência didática deve possuir para favorecer a abordagem de Tempo Geológico no ensino médio, adotamos o *Design Research* como referencial metodológico. Para tanto, elaboramos dez diretrizes (princípios de *design*) iniciais – baseadas na perspectiva histórico-orientada de Burchfield (1998) sobre a construção da noção de Tempo Geológico e em estudos sobre ensino de Geociências, Evolução e Tempo Geológico, especialmente as diretrizes de Pedrinaci e Berjillos (1994) –, que orientaram o desenvolvimento de uma sequência didática, testada em uma turma de primeiro ano de um colégio público em Salvador-Bahia. Nossos resultados parciais indicaram a reformulação dos princípios no sentido de adotarmos as seguintes características no próximo ciclo da investigação: (1) ensino com foco na abordagem histórica da noção de Tempo Geológico; (2) visita a museu geológico/paleontológico; (3) utilização de filmes de ficção científica com abordagem de tema(s) de Geociências; (4) uso da ferramenta narrativa para abordagem da história da Terra e de eventos macroevolutivos; (5) construção coletiva de linhas do tempo da história da Terra; (6) utilização de atividades investigativas; (7) uso de textos de divulgação científica para relacionar o tema a aplicações práticas, trabalhando suas dimensões econômica, política e cultural. Além disso, evidenciaram a necessidade de realização de um trabalho efetivamente colaborativo com professores do ensino básico. Apesar da necessidade de ajustes na intervenção, mostramos ser viável e estimulante (para professores e estudantes) a abordagem de Tempo Geológico e de conteúdos de Geociências em aulas de Biologia.

Palavras-chave: Tempo geológico; *Design Research*; Sequência didática, Ensino de Biologia, Ensino de Geociências.

ABSTRACT

Geological Time is the key concept in Geosciences, having a major importance on the evolution of scientific thinking, it being part of mankind's cultural heritage and an important notion in the making of socially-responsible decisions on the use of the planet's resources. On science teaching, it directly impacts comprehension on evolution. Literature has pointed that Geological Time is a very hard concept to teach and comprehend, mainly on basic education, not only due to its high degree of abstraction, but also because it demands the interpretation of big numbers and scales, and of events far from human experience. The lack of investigations, didactic resources and orientations to help Brazilian teachers teach Geological Time on basic education highlights how important it is to investigate the elaboration of an intervention on the subject in Biology classes on high school. Aiming to investigate the characteristics a didactic sequence must have in order to bolster Geological Time approach on high school, we adopted Design Research as a methodological benchmark. For this purpose, we elaborated ten initial guidelines (design principles) – based on Burchfield's historically-oriented perspective (1998) on building a notion on Geological Time, and on studies on Geosciences, Evolution and Geological Time teaching, especially the guidelines of Pedrinaci and Berjillos (1994) -, that oriented the development of a didactic sequence, and we tested it on a first grade class of a public school in Salvador-Bahia. Our partial results on the reformulation of the principles pointed towards the adoption of the following characteristics for the next cycle of investigation: (1) teaching with focus on historical approach on Geological Time notions; (2) visiting a geological/paleontological museum; (3) utilization of scientific fiction movies dealing with Geosciences themes; (4) utilization of narrative tools to approach macroevolutive events and Earth's history; (5) collective construction of timelines of Earth's history; (6) utilization of investigative activities; (7) utilization of scientific dissemination texts to relate the theme to its practical applications, working on its economic, politic and cultural dimensions. Besides, the results highlight the need for an effectively collaborative work alongside basic education teachers. Despite the need for readjustments on the intervention, we showed the approach on Geological Time and Geosciences matters in Biology classes to be feasible and simulating to both teachers and students.

Keywords: Geological time; Design Research; Teaching sequence; Biology Teaching; Geoscience Education.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEAB – Colégio Estadual Almirante Barroso

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CONEP – Comissão Nacional de Ética em Pesquisa

DR – *Design Research*

FUNDEB – Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ – Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PPGEFHC – Programa de Pós-Graduação em Ensino Filosofia e História das Ciências

SD – Sequência didática

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UD – Unidade didática

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

UFBA – Universidade Federal da Bahia

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	12
Trajetória da pesquisadora e Configuração de um projeto de pesquisa	12
Questão motivadora, Problema de pesquisa e Justificativa	15
Caracterização e Pergunta de pesquisa	16
Objetivos da pesquisa	16
METODOLOGIA	17
<i>Design Research</i>	17
Natureza da pesquisa	20
Delineamento metodológico da pesquisa	21
Aspectos éticos da pesquisa	22
Organização e estrutura do relato de pesquisa	24
CAPÍTULO 1. Por que Ensinar Tempo Geológico na Educação Básica?	26
1.1 Introdução	28
1.2 Afinal, o que é o Tempo Geológico?	31
1.3 Que problemas desafiam a compreensão adequada de Tempo Geológico?	33
1.4 Como ensinar Tempo Geológico na Educação Básica: O que dizem os Pesquisadores	37
1.5 O lugar de Tempo Geológico no Currículo Escolar Brasileiro	41
1.6 Um espaço para reflexão	43
1.7 Referências bibliográficas	45
CAPÍTULO 2. Definindo diretrizes para a elaboração de um produto educacional para o ensino de Tempo Geológico na educação básica brasileira	49
2.1 Introdução	51
2.2. Contextualização teórica	52

2.2.1 Perspectiva de Tempo Geológico	53
2.2.2 Estratégias, conhecimentos e sugestões para abordagem de Tempo Geológico em contexto educativo	54
2.2.3 O momento adequado: um diálogo com o currículo de Biologia	54
2.3 Metodologia	55
2.4 Resultados	57
2.4.1 Os princípios de <i>design</i>	57
2.4.2 Uma sequência didática para o ensino de Tempo Geológico na Educação Básica..	60
2.5 Conclusões	70
2.6 Referências	70
CAPÍTULO 3. Aplicação e análise de uma sequência didática norteada por princípios de <i>design</i> para abordagem de Tempo Geológico	74
3.1 Introdução	76
3.2 As diretrizes e a sequência didática	76
3.3 Metodologia	83
3.3.1 Contexto de aplicação e participantes/sujeitos de pesquisa	83
3.3.2 Coleta e análise de informações	83
3.4 Resultados e Discussão	84
3.4.1 Implicações do/no processo de construção da intervenção	93
3.4.2 Validação dos princípios de <i>design</i> e avaliação da sequência didática	100
3.4.3 Preparação para um novo ciclo de <i>design</i>	116
3.5 Conclusão	116
3.6 Referências	119
CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
Organização de um novo ciclo	123

Quais características uma sequência didática deve possuir para favorecer a abordagem de Tempo Geológico no ensino médio?	125
Um resultado muito importante	125
REFERÊNCIAS	127
APÊNDICES	134

APRESENTAÇÃO

O início de tudo. Não dá para explicar a história da Terra sem contar como tudo começou, não só o aparecimento das primeiras células e do primeiro organismo, mas o surgimento do próprio universo, o princípio, o *big-bang*. Esta pesquisa também tem um começo, uma grande explosão - que na verdade é uma grande expansão, e é importante apresentar a trajetória até aqui. Esta investigação está enraizada em minha experiência acadêmica-profissional¹, germinou junto com a constituição de minha identidade como professora-pesquisadora.

TRAJETÓRIA DA PESQUISADORA E CONFIGURAÇÃO DE UM PROJETO DE PESQUISA

Iniciei o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Federal da Bahia (UFBA) após finalizar uma graduação em Comunicação Social. Dessa vez, certa de que “ser professora” era um objetivo que não poderia ser adiado, ingressei no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) de Biologia, o PIBID-BIO.

Na época o PIBID era um programa inovador voltado para a formação de professores antes do estágio curricular obrigatório, que geralmente acontece no final das licenciaturas. O PIBID-BIO, implantado em 2010, então coordenado pela professora Rejâne Lira, operava em três vias: prática docente, pesquisa em ensino e divulgação/popularização da ciência. Assim como a iniciação científica, a iniciação à docência exigia preparo de um plano de pesquisa, assistência do orientador e, como diferencial, o acompanhamento de um professor-supervisor nas escolas onde os estagiários desenvolviam suas atividades. Dessa forma, os meus primeiros passos na pesquisa em ensino de ciências aconteceram ao mesmo tempo em que explicava os primeiros conceitos numa sala de aula.

Seguindo a tendência organizadora do currículo de Biologia, o eixo norteador das atividades e planos de pesquisa do PIBID-BIO da UFBA era Evolução. Sendo orientada por uma professora de Paleontologia, Simone Moraes, meu primeiro plano de trabalho envolvia a produção de modelos didáticos de organismos extintos para demonstração em aulas de Ciências (CHAVES; MORAES; LIRA-DA-SILVA, 2011). Com o amadurecimento do trabalho, decidimos aplicar os modelos didáticos das primeiras plantas vasculares em aulas de

¹ Não posso desvincular minhas primeiras experiências na docência do meu percurso acadêmico, já que quase todas as vezes em que estive em sala de aula no papel de professora fui também pesquisadora, seja estagiária do PIBID ou colaboradora de projetos de pesquisa da universidade. Dessa forma, assim como emprega-se “professor(a)-pesquisador(a)”, utilizo “acadêmico(a)-profissional”.

Biologia sobre a conquista do ambiente terrestre pelas plantas, e, assim, desenvolvi minha primeira sequência didática para ser aplicada nas turmas de 3º ano do ensino médio do Colégio Estadual Manoel Devoto. Foi durante o desenvolvimento desta atividade, à frente das turmas, diante de muitas dúvidas e colocações equivocadas dos estudantes sobre a história pretérita da Terra, que as questões motivadoras desta pesquisa surgiram.

Como uma das atividades desta sequência didática, meus alunos produziram desenhos que revelavam suas percepções sobre a evolução das primeiras plantas de ambiente terrestre (Figura 1) e nós discutimos, em grupo, essas ideias. Seus desenhos e falas sugeriram conflitos importantes e erros significativos. A maioria das plantas terrestres primitivas representadas eram similares às angiospermas atuais, com flores, raízes e folhas verdadeiras; da mesma forma, as representações do ambiente terrestre quando essas plantas se desenvolveram mostravam uma visão contemporânea da natureza, exibindo aves, mamíferos e árvores frutíferas. Os estudantes pareciam saber sobre a origem aquática das plantas terrestres, mas tinham uma compreensão equivocada do processo evolutivo, alguns desenhos mostravam plantas literalmente saindo da água e se fixando no solo.

Figura 1 – Desenhos produzidos por estudantes do 3º ano do Colégio Estadual Manuel Devoto durante sequência didática sobre a conquista do ambiente terrestre pelas plantas.





Fonte: Arquivo pessoal.

Como professora, entendi que meus alunos tinham pouca noção da história evolutiva do planeta, sentiam muita dificuldade para pensar na Terra há milhões de anos e para compreender “o tempo da evolução”. Como pesquisadora, comecei a questionar se a falta de compreensão sobre o processo evolutivo seria um reflexo da falta de compreensão sobre Tempo Geológico e desconhecimento da história da Terra. Com efeito, Dodick e Orion (2003) também se perguntaram se a noção de Tempo Geológico não seria indispensável para o entendimento de Evolução e Van Dijk e colaboradores (2009) questionaram em que medida problemas na compreensão do processo evolutivo são causados por uma falta de atenção à história da vida no ensino.

Dessas reflexões nasceu a oficina “A Terra Revela sua História”, que ministrei em algumas escolas públicas de Salvador com o apoio do PIBID, enquanto estive vinculada ao Programa, e, já licenciada, dentro do Projeto Rede Colaborativa Universidade-Escola de Educação, Vocação e Divulgação Científica na Bahia (CNPq 405848/2013-7). Para esta oficina, elaborei a primeira sequência didática para abordagem de Tempo Geológico no ensino básico e, entre erros e acertos, tenho “matutado” desde então sobre como ensinar Tempo Geológico na Educação Básica.

As bases desta pesquisa de mestrado, portanto, estão assentadas em contexto real (e pessoal) de ensino; foi pensada, questionada e discutida com apoio dos grupos de pesquisa e prática que fiz e faço parte. Dessa forma, procuro não perder de vista a busca por soluções práticas que possam auxiliar não só a minha atuação em sala de aula, mas a ação de outros professores de Biologia.

QUESTÃO MOTIVADORA, PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA

Neste ponto, a questão motivadora da pesquisa ganha forma: *Como ensinar Tempo Geológico no ensino básico brasileiro?* Por enquanto não há diretrizes que possam responder este questionamento.

Existe sim um amplo consenso em se destacar o conceito de Tempo Geológico como um dos mais complexos e difíceis, tanto de ser compreendido quanto de ser ensinado. Obstáculos para compreensão de Tempo Geológico têm sido relatados na tentativa de dissecar este problema e propor soluções: o alto grau de abstração necessário para o seu entendimento, uma vez que é um conceito que não pode ser observado diretamente e está associado a acontecimentos muito distantes cronologicamente (LIBARKIN, 2006; BONITO et al., 2011); a necessidade de apreciação de números enormes e processos de grande magnitude (TREND, 2001; CHEEK, 2011) e de interpretação da Escala do Tempo Geológico (DODICK; ORION, 2003; REBELO et al., 2011); a interferência de doutrinas religiosas (COTNER; BROOKS; MOORE, 2010; LIBARKIN et al., 2005), entre outros. Bowring (2014) sugere até que os estudantes muitas vezes não entendem Tempo Geológico simplesmente porque nunca foram expostos ao conceito ou nunca haviam pensado a respeito.

Ao considerar o cenário brasileiro é provável que a extensão do problema seja maior, uma vez que não há uma disciplina obrigatória como Ciências da Terra ou Geociências no currículo da Educação Básica para dar conta de Tempo Geológico e os conteúdos e temas que cercam este conceito. Talvez por isso não exista no país um estudo extensivo que se debruce especificamente sobre o ensino de Tempo Geológico em nossas salas de aulas, sendo mais comuns relatos de experiência sobre intervenções e materiais didáticos a respeito do tema (por exemplo, MELO et al., 2007; PEREZ et al., 2011). Essa lacuna, por sua vez, justifica a necessidade de desenvolvimento de pesquisas que tratem da sua abordagem em contexto real de ensino.

Assim, do ponto de vista da educação científica, a concepção geológica de tempo tem impacto direto no ensino de Ciências (Ensino Fundamental) e Biologia (Ensino Médio), pois apresenta a perspectiva de tempo que comporta o processo evolutivo e as alterações

ambientais de longo prazo na Terra. Tem sido sugerido, inclusive, que Tempo Geológico é um obstáculo cognitivo para a compreensão de Evolução (DODICK, 2007) e de conceitos mais amplos de Geociências (TREND, 2001). Por outro lado, a atenção à abordagem de Tempo Geológico também é justificada por sua importância para a evolução do pensamento científico e porque só é possível refletir e tomar decisões sobre os desafios econômicos e ambientais atuais considerando a perspectiva do tempo profundo (CERVATO; FRODEMAN, 2012; BOWRING, 2014).

Esta pesquisa pretende colaborar para diminuir a carência de investigações sobre a abordagem de Tempo Geológico no contexto educacional brasileiro e oferecer uma proposta de sequência didática sobre o tema para utilização no ensino médio.

CARACTERIZAÇÃO E PERGUNTA DE PESQUISA

Uma investigação com foco na produção de uma ferramenta educacional caracteriza-se como uma pesquisa de desenvolvimento em Educação. Para Barbosa e Oliveira (2015), uma pesquisa de desenvolvimento é uma modalidade de investigação que tem como objetivo gerar um produto para atingir um determinado problema na medida em que são investigadas questões relativas à sua produção e/ou utilização na sociedade, assim, além de promover a produção e compartilhamento de produtos educacionais, é oportuna no sentido de possibilitar o crescimento profissional-científico dos participantes da pesquisa (pesquisadores, professores, colaboradores) e fortalecer o vínculo entre as culturas de pesquisa, desenvolvimento e prática escolar.

Nesse sentido, a questão de pesquisa aqui assume um formato pragmático: *Quais características uma sequência didática deve possuir para favorecer a abordagem de Tempo Geológico no ensino médio?*

OBJETIVOS DA PESQUISA

Esta investigação tem por objetivo geral investigar as características que uma sequência didática deve possuir para favorecer a abordagem de Tempo Geológico no ensino médio brasileiro.

Os objetivos específicos consistem em elaborar diretrizes para o ensino de Tempo Geológico na educação básica e desenvolver e testar uma proposta de sequência didática para a abordagem de Tempo Geológico no ensino médio.

METODOLOGIA

As pesquisas de desenvolvimento são organizadas em torno do desenvolvimento de alguma ferramenta educacional, sendo esta atividade orientada por uma teoria educacional e, via de regra, rejeitam processos de validação baseados na comparação entre grupos experimental e controle através do sistema pré-teste/pós-teste (ARTIGUE, 2015). Nesse sentido, esta pesquisa prevê a produção sistemática de um produto educacional, uma sequência didática (SD), e pretende investigar o processo de elaboração desta ferramenta, explorando os atributos que a SD deve possuir para favorecer a abordagem de Tempo Geológico em contexto real de ensino. Assim, a abordagem metodológica que melhor se adequa ao objetivo desta pesquisa é a *Design Research* (DR).

Design Research

De acordo com Plomp (2010), *Design Research* refere-se a concepção e desenvolvimento de uma intervenção - seja programas de ensino, estratégias e materiais de ensino-aprendizagem ou produtos e sistemas educacionais, com o objetivo de resolver um problema educacional complexo, ao mesmo tempo em que aumenta o nosso conhecimento sobre as características destas intervenções e os processos para projetá-las e desenvolvê-las. Segundo Van Den Akker (1999), as pesquisas de desenvolvimento pautadas em DR frequentemente estão relacionadas a trabalhos inovadores, onde poucas orientações validadas são conhecidas para estruturar e suportar a elaboração da ferramenta educacional e o desenvolvimento dessas atividades.

DR despontou como abordagem metodológica de pesquisa em um momento em que se questionava a falta de relevância das pesquisas educacionais para a prática cotidiana, que, em geral, não tinham utilidade para professores e para os agentes que formulam as políticas de educação. Isso porque as abordagens de pesquisa descritiva tradicionais, como os experimentos, sondagens e análises comparativas, raramente produzem instruções com soluções úteis para os problemas da práxis pedagógica, pois apenas uma pesquisa com interação direta com a prática pode fornecer o contexto necessário para que o conhecimento descritivo seja convertido em princípios aplicáveis (VAN DEN AKKER, 1999). A pesquisa de desenvolvimento baseada em *Design Research* é mais eficaz que estudos comparativos, por exemplo, porque pretende que os seus resultados sejam ajustáveis a contextos diversos, já que prevê ajustes sistemáticos de vários aspectos do produto em desenvolvimento, onde cada ajuste realizado (e testado) configura-se como uma nova experimentação (PLOMP, 2010).

Portanto, a pesquisa de *Design Research* é intervencionista e iterativa por natureza, e o caráter cíclico do seu processo é essencial (ARTIGUE, 2015).

Segundo Plomp (2010), as características fundamentais da pesquisa baseada em DR são: a investigação é focada na concepção de intervenções no contexto real da educação ou formação, ou seja, é intervencionista; é orientada no processo, busca a compreensão e aprimoramento das intervenções; é baseada em estados da arte e o teste de campo e a avaliação dos protótipos consecutivos devem contribuir para a construção de construtos teóricos. Van Den Akker (1999) adverte que o objetivo de uma investigação em DR não é elaborar e implementar intervenções completas, mas sim protótipos que cada vez mais atendam às aspirações e exigências inovadoras, assim, o processo de pesquisa é quase sempre cíclico, as atividades de análise, *design*, avaliação e revisão são repetidas até que um equilíbrio satisfatório entre os ideais e as conquistas seja atingido.

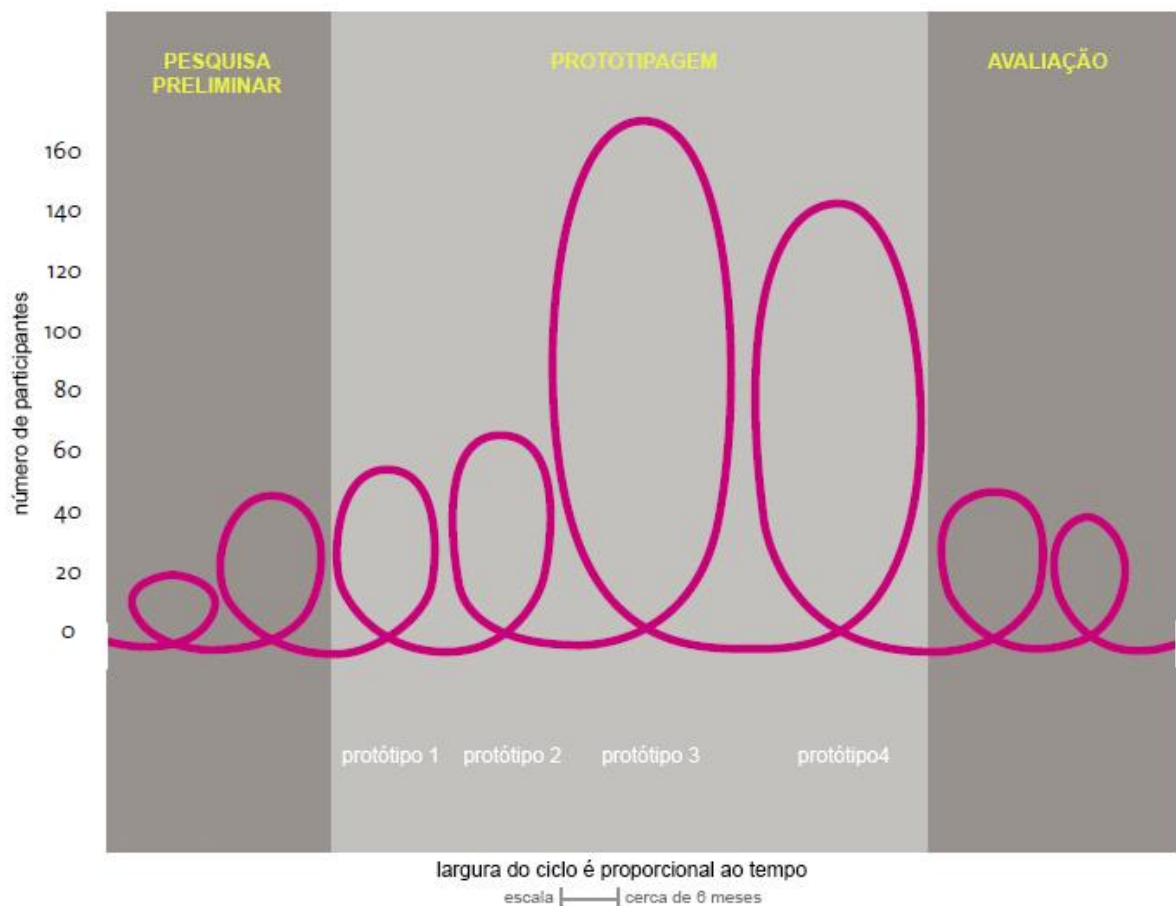
Nesse sentido, a investigação possui uma sequência de estágios ou fases que se repetem ciclicamente: pesquisa preliminar (1), prototipagem (2) e avaliação (3), conforme observado na Figura 2. De acordo com Plomp (2010), estas etapas caracterizam-se por:

- (1) Análise de conteúdo, revisão da literatura, desenvolvimento de um quadro conceitual ou teórico para o estudo. Aqui também são consideradas as contribuições pautadas na experiência prática pedagógica dos colaboradores da pesquisa, portanto, o saber docente e o conhecimento oriundo da literatura da área são combinados na busca de soluções para a abordagem do problema;
- (2) Sucessivas fases de *design*, onde cada fase é um micro-ciclo de pesquisa, que inclui a avaliação da etapa visando o aperfeiçoamento do produto.
- (3) Avaliação geral de todas as etapas da pesquisa para concluir se o produto em desenvolvimento atende às especificações pré-determinadas, resultando na maioria das vezes em recomendações para o aperfeiçoamento da intervenção.

A sistematização do processo de desenvolvimento em etapas iterativas, em que a quantidade de participantes da pesquisa aumenta a cada novo ciclo, é importante porque a pesquisa de desenvolvimento no âmbito da DR, de acordo com Van Den Akker (1999), busca reduzir a incerteza ao tomar uma decisão sobre uma intervenção educacional elaborada. Para o autor, essa finalidade pode ser fragmentada em outras duas metas mais específicas que expressam seu caráter tanto prático quanto científico: prover sugestões e orientações para otimizar a qualidade da intervenção em desenvolvimento e produzir, articular e testar princípios de *design*. Os princípios de *design* são os conhecimentos generalizáveis, que

podem ser utilizados por outros pesquisadores ou professores em contextos similares, a teoria, o resultado mais importante da investigação.

Figura 2 – Ilustração do caráter cíclico da *Design Research* evidenciando suas etapas principais.



Fonte: Traduzido e adaptado de McKeeney (2001) *apud* Plomp (2010).

Os princípios de *design* possuem duas facetas, uma substantiva, que se refere às características essenciais da intervenção em desenvolvimento, ou seja, “o que fazer” ou “como ela deve ser”; outra procedimental, que se refere ao conjunto de atividades promissoras para se atingir o que está sendo proposto, ou seja, “como fazer” ou “como ela deve ser desenvolvida”. Estas diretrizes comumente assumem o seguinte formato:

Se deseja desenvolver uma intervenção X [com o propósito/função Y no contexto Z], então deve dar a esta intervenção as características A, B e C [ênfase substantiva], e fazer isso através dos procedimentos K, L e M [ênfase procedimental], por causa dos argumentos P, Q e R. (VAN DEN AKKER, 1999, p.9, tradução nossa)

Os princípios de *design* são mais significativos na medida em que forem mais diretivos e articulados com a teoria, e forem sustentados cada vez mais por evidências empíricas sobre seu impacto na fase de testes. Ainda, ganham mais força quando são validados com sucesso no desenvolvimento de mais intervenções educacionais em mais contextos (VAN DEN AKKER, 1999). Apreende-se, portanto, que os princípios de *design* devem ser independentes da pesquisa, podendo ser utilizados em outras investigações com propósitos similares.

Dessa forma, uma pesquisa baseada em DR pode ser sumarizada, de acordo com Van Den Akker (1999) e Plomp (2010), nos procedimentos descritos a seguir. A pesquisa preliminar consiste num estudo intensivo e sistemático sobre trabalhos, problemas e contexto de pesquisa, incluindo uma busca atenta e explícita por relações com o estado da arte do conhecimento na literatura, usualmente envolvendo revisão da literatura, consulta a especialistas, análise e avaliação de experiências promissoras com propósitos semelhantes e estudos de caso de práticas recentes. Em seguida, são realizados esforços para aplicar o conhecimento obtido na fase preliminar nas escolhas de *design*, assim, são elaborados os primeiros princípios de *design* e o primeiro protótipo do produto educacional. Nas etapas de teste são obtidas as evidências empíricas sobre a praticidade e efetividade do produto proposto em seu contexto alvo e assim é obtido o *feedback* sobre os princípios de *design* aplicados. Os princípios e o produto são então reformulados, baseado nas evidências empíricas, para então passarem por novos ciclos de prototipagem. Etapas de avaliação ocorrem após o encerramento de cada ciclo e exigem a documentação, análise e reflexão sobre o processo e seus resultados visando contribuir para a expansão e especificação do processo de desenvolvimento. As investigações em DR costumam ser muito longas e a etapa final de avaliação ocorre quando o grupo investigativo assume que os objetivos traçados estão em equilíbrio com os resultados obtidos. O resultado final da pesquisa consiste na ferramenta educacional pronta e na teoria que suportou o seu processo de desenvolvimento – os princípios de *design* finais.

Nesse sentido, a DR segue uma abordagem holística e não enfatiza variáveis isoladas (PLOMP, 2010). Segundo Cobb e colaboradores (2003), por isso, a *Design Research* fornece um entendimento mais amplo, a partir de uma “ecologia de aprendizagem”, um sistema complexo e interativo que integra diversas variáveis, de diferentes tipos e níveis, na tentativa de entender como esses elementos funcionam em conjunto para apoiar a aprendizagem.

Natureza da Pesquisa

Este estudo é de natureza qualitativa, já que visa descrever e interpretar uma determinada situação de pesquisa, sem preocupação em generalizar (LICHTMAN, 2009). É

importante frisar que na pesquisa baseada em DR ocorre, no decorrer da investigação, mudança de ênfase no critério qualitativo considerado na avaliação, assim, validade (medida em que o *design* da intervenção está fundamentado no estado da arte do conhecimento e seus componentes estão relacionados uns aos outros de maneira coerente), praticidade (medida em que os usuários - ou especialistas - da intervenção consideram que o produto é atraente e utilizável em condições reais de ensino) e efetividade (medida em que as experiências e resultados são consistentes com os objetivos propostos) ganham destaque em diferentes etapas da pesquisa (VAN DEN AKKER, 1999).

Delineamento metodológico da pesquisa

Uma investigação completa de *Design Research* é extensa, dada a quantidade necessária de ciclos para o desenvolvimento da ferramenta educacional, portanto, exige anos de pesquisa, algo que não dispomos num estudo de mestrado. Sendo assim, esta investigação contempla somente o primeiro ciclo de *design* do produto educacional e nossos resultados, os princípios de *design* e a sequência didática, são parciais.

Nesse sentido, o desenho metodológico desta pesquisa consiste em:

- a) Revisão e discussão da literatura: estudo de artigos, principalmente, que tratem de Tempo Geológico e sua implicação para o ensino de ciências. A seleção dos artigos, realizada através de busca ativa, não apresentou critérios predeterminados;
- b) Elaboração dos princípios de *design* iniciais: os conhecimentos obtidos na fase anterior e a experiência prática da equipe de pesquisa determinaram as escolhas de *design* para elaboração dos princípios de *design* iniciais e do primeiro protótipo da sequência didática;
- c) Elaboração do primeiro protótipo da sequência didática;
- d) Teste do primeiro protótipo da sequência didática em contexto real de ensino;
- e) Avaliação parcial e validação: evidências empíricas e *feedback* obtido junto ao público-alvo da ferramenta educacional nortearam a validação das características da intervenção em termos de efetividade, praticidade e atratividade, e dirigiram a reflexão e análise dos resultados parciais e do processo de desenvolvimento da SD;
- f) Determinação de ajustes nos princípios de *design*: indicação de reformulação dos princípios de *design* e da sequência didática de acordo com a avaliação parcial;
- g) Determinação das características da intervenção que devem ser incorporadas num segundo protótipo da sequência didática a ser validada pelos pares: após o encerramento do primeiro ciclo, um segundo protótipo da sequência didática deve ser

encaminhado a professores da Educação Básica para validação, deixando a pesquisa engatilhada para o segundo ciclo de testes no futuro.

Aspectos Éticos da Pesquisa

Na etapa de prototipagem, iniciada em setembro de 2016, tivemos necessidade de trabalhar com indivíduos de fora da equipe de pesquisa. Em abril de 2016, tão logo confirmamos o colégio onde o estudo teria lugar, iniciamos o processo de protocolar a pesquisa junto à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). Os documentos necessários foram elaborados e endereçados pelo sistema ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto de Ciências da Saúde da UFBA conforme as orientações do órgão, entretanto, foram reencaminhados para outros dois comitês (Instituto Multidisciplinar em Saúde do Campus Anísio Teixeira da UFBA e Escola de Enfermagem da UFBA) até que fosse finalmente aceito para avaliação, o que exigiu a adequação do material às exigências específicas de cada CEP. A morosidade do processo impediu que obtivéssemos um parecer a tempo de iniciar a aplicação da SD.

Embora o nosso projeto ainda não tenha o parecer do CEP, tomamos todas as precauções para desenvolver a investigação de acordo com as suas orientações. Os procedimentos éticos que adotamos são descritos a seguir.

Em agosto de 2016, numa visita de apresentação à turma que teria as aulas gravadas, os estudantes foram informados pela pesquisadora, acompanhada da professora de Biologia, sobre a realização da investigação, os propósitos do estudo, os métodos empregados e os riscos e benefícios previstos. Nesta visita ficou verbalmente acordado com a classe, diante da aceitação unânime em participar da pesquisa, as normas de conduta da pesquisadora, que não poderia interagir com os estudantes durante as aulas ou interferir no desenvolvimento das mesmas, e dos estudantes, livres para recusarem-se a participar, retirar consentimento ou interromper a participação a qualquer momento da pesquisa.

Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) explicando todas as informações fundamentais sobre a investigação foram entregues aos estudantes, em duas vias, a fim de que fossem lidos e assinados pelos responsáveis, sendo uma das vias devolvida à professora de Biologia até a semana seguinte. Os estudantes que recusaram contribuir com a pesquisa (não entregaram os termos de consentimento assinados), continuaram frequentando as aulas, mas suas colocações em sala de aula não foram consideradas na transcrição do vídeo e, ainda, tomamos cuidado com o posicionamento da filmadora para que não fossem feitos registros diretos de imagem desses alunos.

A mesma versão do TCLE foi apresentada à diretoria do Colégio Estadual Almirante Barroso (CEAB) e uma autorização para coleta de dados foi assinada pela diretora do colégio, que aprovou a realização da pesquisa e coleta de informações no âmbito escolar.

A fim de assegurar a confidencialidade e a privacidade das informações obtidas a partir de qualquer método empregado, somente a pesquisadora responsável teve acesso ao material audiovisual produzido, usado exclusivamente para fins da pesquisa; o registro documental (exercícios que integram a sequência didática) foi manuseado somente pela professora da turma, a fim de registrar realização e atribuir nota, e pela pesquisadora responsável. Todos os registros foram devidamente arquivados após a análise. Nas apresentações de resultados foram empregados apenas excertos de falas identificados por nomes fictícios.

A professora de Biologia do CEAB participou desta investigação de forma voluntária. A escolha da docente como colaboradora deveu-se a sua trajetória profissional, que evidencia um interesse singular no aperfeiçoamento de suas competências, bem como provável familiaridade com temas de Geociências: é licenciada em Ciências Naturais (1998), bacharela em Ciências Biológicas (2006) e mestra em Geologia (2017), integrante do Grupo de Estudos de Foraminíferos da UFBA e professora da educação básica há mais de vinte anos.

A professora colaboradora cooperou com esta investigação na etapa de ajuste do primeiro protótipo da sequência didática, ocorrida ao longo de reuniões semanais entre abril e maio de 2016, onde opinou e tomou decisões sobre temas, conteúdos, procedimentos e tarefas que seriam abordados nas aulas; fazendo a mediação da relação entre o grupo de investigação e a escola na qual a pesquisa teve lugar, inclusive coordenando a exposição “Pedras e Fósseis: Uma História para Contar”, que ocorreu em dezembro de 2016 no CEAB, aberta a toda a comunidade escolar com o intuito de retribuir o acolhimento durante esta pesquisa; e, na etapa de teste da SD, aplicando a sequência em suas turmas de 1º ano do ensino médio do CEAB entre setembro e outubro de 2016, fornecendo também informações de pesquisa através de diário de bordo e entrevista.

Procuramos incluir a professora na maior parte das decisões tomadas, dando abertura para que expusesse sua perspectiva, embora diversas resoluções, especialmente as que sucederam no início da investigação, tenham acontecido quando a professora ainda não colaborava com a pesquisa, portanto, sem a sua contribuição direta. Por certo, ao avançarmos neste projeto, pretendemos um maior protagonismo da(s) professora(s) colaboradora(s) em todas as fases da investigação, sem diferenciação hierárquica, de forma a construir uma pesquisa colaborativa mais autêntica.

Organização e estrutura do relato de pesquisa

Esta dissertação está disposta em formato *multipaper*. Os artigos que compõem este relato de pesquisa estão organizados em capítulos já estruturados de acordo com as normas de formatação das revistas para as quais endereçaremos os textos imediatamente após a aprovação da dissertação. Dessa forma, cada capítulo apresenta um artigo independente que compartilha o mesmo referencial teórico e metodológico (embora as metodologias sejam distintas) com os demais, mas com enfoque diferente.

O “Capítulo 1” consiste no artigo “Por que Ensinar Tempo Geológico na Educação Básica?”, que trata da revisão e discussão da literatura sobre ensino de Tempo Geológico. O artigo produzido a partir deste primeiro capítulo foi pensado e organizado com o intuito de dialogar com professores de ciências do ensino básico sobre a introdução de Tempo Geológico no currículo escolar tendo em vista as dificuldades e formas de enfrentamento segundo a experiência de pesquisadores da área. Nesta seção pretendemos abordar a importância da inclusão de Tempo Geológico nas aulas, sobretudo, de Ciências e Biologia; discutir a construção do conceito de Tempo Geológico; apontar algumas dificuldades à compreensão geológica de tempo; apresentar orientações e experiências de ensino de Tempo Geológico; posicionar Tempo Geológico no currículo escolar brasileiro; e, finalmente, conjecturar sobre desafios para a abordagem de Tempo Geológico nas escolas brasileiras.

O “Capítulo 2” traz o artigo “Definindo diretrizes para a elaboração de um produto educacional para o ensino de Tempo Geológico na educação básica brasileira”, que aborda a etapa preliminar da pesquisa de desenvolvimento baseada em *Design Research*. Assim, tem o objetivo de apresentar os princípios de *design* iniciais elaborados e oferecer o primeiro protótipo da sequência didática construída a partir deles. Sobretudo, este é um capítulo descritivo, portanto, cabe a ele também descrever o processo desenvolvimento desses princípios de *design*, evidenciando a apropriação dos referenciais teóricos utilizados, grande parte já introduzida no capítulo anterior.

O “Capítulo 3” é composto do artigo “Aplicação e análise de uma sequência didática orientada por princípios de design para abordagem de Tempo Geológico” e contempla a etapa de prototipagem da investigação, assim como a primeira de análise dos resultados obtidos neste primeiro ciclo de teste da ferramenta didática. Neste capítulo apresentaremos nossos resultados e discussões acerca da aplicação da sequência didática em contexto real de ensino, o que inclui as sugestões para alteração do produto educacional em desenvolvimento e dos princípios de *design* orientadores.

Por fim, tendo como base os capítulos anteriores, apresentamos também uma breve seção para responder a pergunta de pesquisa e ditar os novos rumos deste estudo de desenvolvimento, que graças ao caráter cíclico da abordagem metodológica utilizada, possibilita que a pesquisa não se encerre aqui.

CAPÍTULO 1
POR QUE ENSINAR TEMPO GEOLÓGICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA?

Título: Por que Ensinar Tempo Geológico na Educação Básica?

Autores: Rafaela Santos Chaves, Simone Souza Moraes e Rejâne M. Lira-da-Silva

Artigo de Revisão a ser submetido para: Revista Terrae Didática (ISSN: 1980-4407).

Por que Ensinar Tempo Geológico na Educação Básica?

Rafaela Santos Chaves¹, Simone de Souza Moraes² e Rejâne Maria Lira-da-Silva^{1,3}

1 Prog. Pós-Grad. Ensino, Filosofia e História das Ciências, Inst. Fís. UFBA/UEFS, Campus Universitário de Ondina, Salvador, Bahia, Brasil, 40170-115, rafaschaves@gmail.com

2 Inst. Geoc. UFBA. Campus Universitário de Ondina, Salvador, Bahia, Brasil, 40170-115, smoraes@ufba.br

3 Inst. Biol. UFBA. Campus Universitário de Ondina, Salvador, Bahia, Brasil, 40170-210, rejane@ufba.br

Abstract: WHY TEACH GEOLOGIC TIME IN BASIC EDUCATION? Geological time is one of the most important notions of scientific thought, being essential in the taking of socially-responsible on natural resource utilization and environmental change, and being fundamental on comprehending Evolution. Building this notion took the acceptance of 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, scales and events far from human experience; religious conflicts that interfere with acceptance of a very old Earth. Proposals to overcome them are: using analogies; working on activities with a dynamic view on the planet and its geological processes; introducing the history of geosciences; employing historical narratives. Hence, developing investigations on the teaching of Geological Time in Brazil and paying attention to the training of teachers is mandatory.

Keywords: Geologic Time, Geoscience Education, Science Education.

Resumo: Tempo Geológico é uma das construções mais importantes do pensamento científico, é essencial na tomada de decisões socialmente responsáveis sobre uso de recursos naturais e mudanças ambientais e é fundamental para compreender Evolução. A construção desta noção envolveu a aceitação de ideias ao longo da história da Geologia, portanto, defendemos que sua complexidade deve-se ao seu desenvolvimento histórico, em que conhecimentos diversos precisaram ser mobilizados. Este trabalho de revisão mostra que, nas escolas, algumas dificuldades para compreender Tempo Geológico são: elevado grau de

abstração; interpretação de números grandes, escalas e eventos distantes da experiência humana; conflitos religiosos que interferem na aquiescência de uma Terra muito antiga. Propostas para superá-las são: uso de analogias; atividades que mobilizem perspectivas dinâmicas da Terra; introdução da história das geociências; emprego de narrativas históricas. É imprescindível o desenvolvimento de investigações sobre ensino de Tempo Geológico no Brasil e atenção à formação de professores.

Palavras-chave: Tempo Geológico, Ensino de Geociências, Ensino de Ciências.

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”¹ – expressão empregada por Stephen Jay Gould, paleontólogo, biólogo evolucionista e historiador da ciência, ao se referir à aceitação do tempo profundo como consenso entre os estudiosos, abarcando 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.

¹ No entanto, o termo “tempo profundo” 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 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).

Por sua importância nessa transição de cenário, sendo fundamental do ponto de vista da história 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 e 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, onde 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 proferir 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 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 de Pedrinaci e Berjillos (1994) e Sequeiros, Pedrinaci e Berjillos (1996); Trend (2001a, 2005); Dodick e 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), respectivamente. No Brasil, a discussão sobre a inclusão de temas geológicos na educação básica vem se fortalecendo com intermitência (Carneiro et al. 2004), mas não foram encontrados artigos que

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.

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 deliberar sobre como 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 preconceção, 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 baseados 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 e 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, Brooks e Moore (2010), numa resolução simples, assumem Tempo Geológico como o conceito geológico de tempo, que requer bilhões de anos. Andersson e Wallin (2006) falam em tempo evolutivo. Ainda, em muitas situações Tempo Geológico e tempo profundo são adotados como sinônimos. Cervato e 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), esse desenvolvimento histórico se deu essencialmente através 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) assinala 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 e 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 e Berjillos 1994).

Cervato e 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 e 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 e 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 (2011) 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 2011).

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 consideravelmente a maneira como os estudantes assimilam Tempo Geológico.

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

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 e 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 e 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 introduzida 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 e 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 ganhasse 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 e 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, relacionando 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 e 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 e 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 e 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 e 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 e 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 e colaboradores (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

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

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 e 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 históricos⁵”, ou seja, como 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 e 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 e 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

⁵A ideia de rochas como arquivos históricos tem grande potencial organizador e significa que elas possuem informação sobre as condições em que se originaram e as alterações posteriores que experimentaram (Pedrinaci e Berjillos 1994).

trabalho que ajudam a interpretar o registro geológico e reconstruir a sua história (Sequeiros, Pedrinaci e Berjillos 1996), pois a interpretação de pistas permite construir uma conexão entre o passado e o presente (Dodick e Orion 2003a).

Para Cervato e 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 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 e 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: Linguagens, 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 deve estar no mesmo patamar em que figuram Biologia,

⁶A BNCC encerrou a fase de elaboração e será 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.

Química e Física em termos de conhecimentos a serem ensinados durante o ensino fundamental e, portanto, implica na incorporação de conteúdos de Geociências desde o início da educação básica.

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 2017). 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

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 participação 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 e 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 Bibliográficas

- 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. *International Journal of Science Education*, **28**(6):673-695. Maio 2006.
- 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 Didatica*, **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. 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: Geological Society Special Publications, 1998. 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. *Revista Brasileira de Geociências*, **34**(4):553-560. Dezembro 2004.

- Cervato, C., Frodeman, R. 2012. The significance of geologic time: cultural, educational and economic frameworks. *The Geological Society of America Special Papers*, **486**:19-27.
- Cheek, K. 2012. Students' Understanding of Large Numbers as a Key Factor in their Understanding of Geologic Time. *International Journal of Science & Mathematics Education*, **10**(5):1047-1069. Outubro 2012.
- 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. Março 2010.
- D’Argenio, B. 2009. Charles Darwin and geological time conceptions. *Rendiconti Lincei*, **20**(4):307-315. Outubro 2009.
- Dodick, J. 2007. Understanding evolutionary change within the framework of geological time. *McGill Journal of Education*, **42**(2):245-264. Outubro 2007.
- Dodick, J., Orion, N. 2003a. Cognitive factors affecting student understanding of geological time. *Journal of Research in Science Teaching*, **40**(4):415-442. Abril 2003.
- Dodick, J., Orion, N. 2003b. Measuring Student Understanding of Geological Time. *Science Education*, **87**(5):708-731. Setembro 2003.
- 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. *Science & Education*, **18**(3-4):425-441. Abril 2009.
- 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 Edgard Blücher, 172p.
- Frodeman, R. 1995. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *Geological Society of America Bulletin*, **107**(8):960-968. Agosto 1995.
- 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. *Revista Brasileira de Geociências*, **34**(1):87-94. Março 2004.
- 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. Agosto 2009.
- 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. *Journal of Geoscience Education*, **53**(1):17-26. Fevereiro 2005.

Libarkin, J.C. 2006. College Student Conceptions of Geological Phenomena and their Importance in Classroom Instruction. *Planet*, **17**(1):6-9. Dezembro 2006.

Libarkin, J.C., Kurdziel, J.P., Anderson S.W. 2007. College Student Conceptions of Geological Time and the Disconnect Between Ordering and Scale. *Journal of Geoscience Education*, **55**(5):413-422. Novembro 2007.

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. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, **15**(1):123-147. Janeiro-Abril 2015

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.

Rebello, 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 Psicopedagogia, **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.M. 2005. Geociências no Ensino Médio Brasileiro – Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Revista do Instituto de Geociências - USP*, **3**:31-44. Setembro 2005.

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. *International Research in Geographical and Environmental Education*, **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. *Journal of Research in Science Teaching*, **38**(10):191-221, Fevereiro 2001.

Trend, R.D. 2005. Individual, situational and topic interest in geoscience among 11- and 12-year-old children. *Research Papers in Education*, **20**(3):271-302. Setembro 2005.

Van Dijk, E.M., Kattmann, U. 2009. Teaching Evolution with Historical Narratives. *Evolution: Education and Outreach*, **2**(3):479-489. Abril 2009.

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? *Journal of Geoscience Education*, **49**(1):5-9. Janeiro 2001.

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.

CAPÍTULO 2
DEFININDO DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO
EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE TEMPO GEOLÓGICO NA EDUCAÇÃO
BÁSICA

Título: Definindo diretrizes para a elaboração de um produto educacional para o ensino de Tempo Geológico na educação Básica

Autores: Rafaela Santos Chaves, Simone Souza Moraes e Rejâne M. Lira-da-Silva

Artigo a ser submetido para: Revista Indagatio Didactica (ISSN: 1647-3582).

Definindo diretrizes para a elaboração de um produto educacional para o ensino de Tempo Geológico na educação básica brasileira

Drafting guidelines towards an educational product to teach Geologic Time in brazilian basic education

Rafaela Santos Chaves

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências – UFBA/UEFS,
Salvador, Bahia, Brasil
rafaschaves@gmail.com

Simone Souza de Moraes

Universidade Federal da Bahia - UFBA, Salvador, Bahia, Brasil
smoraes@ufba.br

Rejâne M. Lira-da-Silva

Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, Bahia, Brasil
rejane@ufba.br

Resumo: Tempo geológico é um conceito central para Geociências e importante para Biologia, na qual a perspectiva geológica de tempo é crucial para o entendimento de evolução. No entanto, a complexidade da noção de tempo geológico dificulta sua compreensão, ocasionando problemas no entendimento adequado de processos geológicos e evolutivos. Investigações têm sido realizadas a fim de entender as causas das dificuldades de apreensão deste conceito por estudantes e propor formas de ensinar Tempo Geológico em contexto escolar, embora o Brasil careça de pesquisas nesse sentido. Este estudo tem por objetivo analisar o desenvolvimento de diretrizes para a abordagem de Tempo Geológico na educação básica brasileira e apresentar uma proposta de sequência didática para ensino de Tempo Geológico em aulas de Biologia do ensino médio, construídos de acordo com a abordagem metodológica da *Design Research*. Nossas diretrizes e sequência didática são histórico-orientadas, baseadas na perspectiva de Burchfield (1998) e orientações de Pedrinaci e Berjillos (1994), além de outras investigações sobre ensino de Tempo Geológico, Geociências e Evolução. Sugerimos, principalmente, estimular o debate sobre a idade da Terra; abordar a história da Geologia; trabalhar conhecimentos básicos de Geologia, Paleontologia, Estratigrafia e Geocronologia; evidenciar uma imagem dinâmica da Terra; representar espacialmente a escala do tempo geológico; trabalhar com narrativas históricas, em especial, a história da Terra; e discutir as implicações econômica, política e cultural da noção de tempo geológico.

Palavras-chave: Tempo Geológico, sequência didática, Ensino de Biologia, Ensino de Geociências

Abstract: Geological Time is a keystone concept to Geosciences and an important one to Biological Sciences, in which geological time perspective is crucial to understand evolution. However, geological time notion complexity hinders its comprehension, causing problems in the appropriate understanding of geological and evolutionary processes. Investigations have been made in order to understand the causes of apprehension difficulties of this concept by students and to propose ways of teaching Geological Time in a high school context, even though Brazil is in serious need of research works on that subject. Our work analyses the development of guidelines to approach Geological Time in Brazilian basic education and it presents a didactic sequence proposal to teach Geological Time in high school Biology classes, built along the methodological approach of *Design Research*. Our guidelines and didactic sequence are historically oriented, based on Burchfield's (1998) perspective, and on

orientations from Pedrinaci and Berillos (1994), in addition to other investigations on Geological Time, Geosciences and Evolution teaching. Our main suggestions are stimulating debate on Earth's age; approaching Geology's history; working basic concepts of Geology, Paleontology, Stratigraphy and Geochronology; highlighting a dynamic image of Earth; spatially representing geological time scale; working with historical narratives, especially Earth's; and discussing Geological Time's economical, political and cultural implications.

Key-words: Geologic Time, teaching sequence, Biology Teaching, Geoscience Education

Introdução

A reflexão sobre Tempo é uma das questões primordiais do pensamento filosófico e concepções distintas foram amparadas por diferentes áreas de saber no decorrer da história. Para as geociências, o tempo é examinado na perspectiva das rochas e fósseis; esta concepção é o eixo central da Geologia, impacta diretamente a Biologia, pois é indispensável para a compreensão do processo evolutivo, e reverbera sobre o entendimento do lugar do ser humano no mundo. Dodick e Orion (2003b) consideram a "descoberta" do tempo profundo tão importante para a evolução do pensamento humano quanto as revoluções copérnica e darwiniana, pois limita a existência do ser humano aos últimos segundos da história da Terra. E-an Zen (2001) defende que o conceito de tempo geológico é relevante para que todos, não só geólogos, devam conhecê-lo porque é parte da herança cultural da humanidade e um conhecimento valioso para aqueles que planejam e decidem sobre o uso dos recursos naturais.

A ausência de um significado definido, único e consensual na comunidade científica para a noção de tempo geológico somada à quantidade expressiva de conhecimentos que precisam ser mobilizados para sua adequada compreensão tornam seu conceito demasiado complexo. Dificuldades na compreensão de Tempo Geológico em contexto educativo têm sido largamente discutidas (Trend, 2001a; Dodick & Orion, 2003a; Libarkin, Andreson, Dahl, Beilfuss, & Boone, 2005; Libarkin, 2006; Cotner, Brooks, & Moore, 2010; Bonito et al., 2011; Cheek, 2011), apontando obstáculos para o seu entendimento por estudantes: estar relacionado a eventos e fenômenos cronologicamente muito distantes; exigir a consideração de números de grandeza elevada e a compreensão de processos de grande magnitude; impossibilidade de observação direta do tempo geológico (e vários fenômenos geológicos a ele relacionados), portanto, alto grau de abstração necessário para seu entendimento; requerer a interpretação da escala de tempo geológico, gráfico que não é familiar aos estudantes; envolver perspectivas políticas e religiosas; influência de experiências além da instrução em sala de aula, que podem promover ideias equivocadas.

Pesquisas têm contribuído com propostas para auxiliar professores e pesquisadores na abordagem de Tempo Geológico para contornar ou minimizar os problemas já identificados, sugerindo o uso de analogias, tratamento conjunto da história da Terra e da vida e construção de uma linha do tempo, abordagem da história da Geologia, além da abordagem de conteúdos fundamentais de Geociências (Pedricinaci & Berillos, 1994; Sequeiros, Pedricinaci & Berillos, 1996; Zen, 2001; Andersson & Wallin, 2006; Trend, 2009; Parker, 2011).

No Brasil poucos estudos investigam ensino ou compreensão de Tempo Geológico (Oliveira, 2006; Bizzo & Oliveira, 2011; Saraiva Júnior, 2013), sendo mais comuns relatos de intervenções pontuais e propostas de recursos didáticos envolvendo o tema (Melo, Bastos, Rodrigues, & Monção, 2007; Betti & Kulaif, 2007; Bacci, Oliveira & Pommer, 2009; Perez, Rodrigues, Santos, & Andrade, 2011).

As Ciências da Terra, Geociências, Geologia ou Paleontologia não são disciplinas do currículo escolar brasileiro, ainda que conteúdos constituintes dessas áreas do conhecimento estejam presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 2002), na recente Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2017) e em aulas de Geografia,

História, Ciências e Biologia. Em termos de ensino básico, o conceito de tempo geológico tem maior importância para as aulas de Biologia, pois fornece uma perspectiva de tempo coerente para alterações ambientais e processos evolutivos de longo prazo, sendo um conhecimento imprescindível para a compreensão de Evolução (Dodick, 2007).

É preciso reconhecer que, no contexto brasileiro, as dificuldades para abordar na educação básica uma noção tão complexa como Tempo Geológico perpassam problemas que vão além dos já indicados na literatura estrangeira. A formação deficitária dos professores do ensino básico em Geociências, onde Geologia e Paleontologia não são obrigatórias ou são pouco exploradas nas licenciaturas, é um problema. Bizzo e El-Hani (2009) advertem que mesmo para Biologia, a Paleontologia não aparece como uma matéria elementar e o ensino de evolução tem focado muito mais no domínio microevolutivo, tendência que avança até a educação básica. A escassez de materiais didáticos sobre Geociências para o ensino básico, seja visando professores ou alunos, também é um entrave para a inserção dessa temática nas escolas. Para Soares (2015), mesmo os professores que procuram instrumentalização e atualização na área encontram poucos recursos, pois os livros didáticos oferecem pouco espaço à Paleontologia e os de ensino superior são escritos numa linguagem técnica, não adequada ao contexto escolar.

Portanto, é urgente o desenvolvimento de investigações sobre a abordagem de Tempo Geológico na educação básica no Brasil, assim como a divulgação de propostas de ensino e de recursos didáticos que auxiliem e orientem os professores.

Neste artigo propomos diretrizes para o ensino de Tempo Geológico, elaboradas no enquadramento metodológico da *Design Research* (DR), visando o desenvolvimento de uma sequência didática¹ (SD) para o ensino básico. As diretrizes, que têm caráter substantivo e procedimental, têm a função de guiar professores e pesquisadores na construção de novos materiais educacionais e podem ser utilizadas em novas situações pedagógicas, assim, são abrangentes e generalizáveis², podendo ser parcialmente adaptadas (no nível dos procedimentos) às novas situações em que forem empregadas se, na perspectiva docente, houver semelhanças entre o contexto em que o estudo foi realizado e os contextos em que os professores lecionem.

Contextualização teórica

Uma pesquisa de desenvolvimento é uma modalidade de investigação que objetiva gerar um produto para atingir um determinado problema na medida em que são investigadas questões relativas à sua produção e/ou utilização. Além de promover a produção e compartilhamento de produtos educacionais, é oportuna no sentido de possibilitar o crescimento profissional-científico dos participantes da pesquisa e fortalecer o vínculo entre as culturas de pesquisa, desenvolvimento e prática escolar (Barbosa & Oliveira, 2015). O desenvolvimento de um produto educacional para abordagem de Tempo Geológico em contexto real de ensino, ou seja, uma intervenção educativa integrada ao currículo escolar, não em caráter extraclasse ou extracurricular, é uma tarefa inovadora no Brasil.

¹ Segundo Zabala (1998, p.18), uma sequência didática é um "conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos".

² Espera-se de uma investigação baseada em *Design Research* a produção de conhecimentos abstraídos dos princípios de *design* relacionados a uma determinada intervenção, do processo de elaboração deste produto e até mesmo do desenvolvimento da investigação como um todo. Estes conhecimentos devem ser passíveis de serem utilizados por outros professores ou investigadores em contextos similares ao da pesquisa que os originou. Entretanto, essa transposição a outros contextos tem seus limites e a generalização pode ser alcançada por vias distintas. Sepúlveda & Almeida (2016) têm adotado a perspectiva de generalização situada de Simons e colaboradores (2003) nas pesquisas de desenvolvimento de inovações educacionais do CooPPEC, que pressupõe a conversão de informações associadas a um contexto em evidências (orientação de um curso de ação ou crítica que precede a ação) transferíveis a outros contextos semelhantes. Nesse sentido, quanto mais descritiva a investigação for, mais transparente será a generalização.

Numa abordagem baseada em DR, o conhecimento teórico assume a forma de orientações ou diretrizes sistematizadas, que são associadas ao produto educacional em desenvolvimento, dessa forma, é proveitoso que na fase inicial da pesquisa de desenvolvimento, busquem-se intervenções já disponíveis consideradas modelos úteis ou fontes de inspiração para o problema em questão, pois a análise desses exemplos somada à revisão da literatura produz novas ideias para a elaboração do produto (Plomp, 2010).

Nesta primeira fase de desenvolvimento da SD e, associados a ela, princípios orientadores do ensino de Tempo Geológico, fez-se primordial estruturar três meios de abordagem do problema no contexto escolar brasileiro: definir a perspectiva de Tempo Geológico adotada, ou seja, a que nos referimos ao propor o ensino desse tema; explorar e selecionar estratégias, conhecimentos e sugestões para auxiliar sua abordagem em contexto educativo; e demarcar quando o ensino de Tempo Geológico terá lugar, ou seja, definir o momento mais adequado do currículo escolar para a intervenção proposta ocorrer.

Tão importante quanto investigações para a estruturação destes três aspectos, é a experiência prática docente. Nesse contexto, as experiências de ensino das protagonistas desta pesquisa, pesquisadoras e professoras, foram igualmente consideradas no desenvolvimento deste projeto.

Perspectiva de Tempo Geológico

Tempo Geológico tem aparecido na literatura com sentidos variados e, em geral, seu significado precisa ser interpretado intuitivamente pelo leitor, pois não aparece definido nos textos. É comum que tempo geológico e tempo profundo sejam empregados como sinônimos. Diferentes autores imprimem ao conceito atributos consoantes às suas áreas de formação. Pode-se assumir que Tempo Geológico é finito e sua duração pode ser mensurável e testável através de observações de campo (Zen, 2001), pode-se advogar que é o tempo decorrido no processo evolutivo, estimado pelas mudanças na configuração do planeta e dos grupos de organismos que o habitam. A falta de consideração dos filósofos da ciência com a Geologia resultou no pouco cuidado com o conceito de tempo geológico (Frodeman, 1995), acarretando a ausência de um conceito bem definido e consensual para a perspectiva geológica de tempo.

A comunidade científica compartilha uma noção de Tempo Geológico que resulta da aceitação de determinadas ideias no decorrer da história da ciência, junto com a acolhida da Geologia como ciência, que culminaram na "invenção" do Tempo Geológico. O conceito foi ganhando significado considerando pelo menos cinco passos essenciais, alguns em andamento, segundo Burchfield (1998):

- i. Reconhecimento que o registro geológico evidencia uma sucessão de acontecimentos passados;
- ii. Aceitação que a idade da Terra é significativamente maior que o registro histórico da humanidade, ou seja, a noção, embora vaga, de tempo profundo³;
- iii. Desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra através 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.

Assumimos que essas etapas foram cruciais para a anuência pela comunidade científica do que é Tempo Geológico e representam as ideias fundamentais que precisam ser trabalhadas para sua compreensão adequada em contexto escolar. Consideramos nossa perspectiva de Tempo Geológico histórico-orientada, pois está fundamentada na trajetória

³ Burchfield (1998) assume que tempo profundo e tempo geológico têm significados distintos. Para o autor, tempo profundo refere-se à noção de que a história da Terra é muito mais antiga que a história do homem; tempo geológico apresenta um sentido mais amplo, que contém a ideia de tempo profundo unida a outros conhecimentos.

histórica de construção deste conceito. Em termos didático-metodológicos, essa perspectiva determina os propósitos de nossas diretrizes e os objetivos de nosso produto educacional.

Portanto, entendemos que uma SD para ensino de Tempo Geológico deve oferecer aos estudantes a oportunidade de experimentar e perceber os passos essenciais de "invenção" do Tempo Geológico se pretende desenvolver este conceito de uma maneira mais autêntica.

Estratégias, conhecimentos e sugestões para abordagem de Tempo Geológico em contexto educativo

Escritos com o intuito de serem orientadores de um programa de ensino para Tempo Geológico ao longo da educação secundária espanhola, os artigos de Pedrinaci e Berjillos (1994) e Sequeiros, Pedrinaci e Berjillos (1996) oferecem diretrizes para abordagem de Tempo Geológico e configuram uma fonte valiosa de ideias para a construção de uma intervenção educacional sobre o tema. Os autores assumem que Tempo Geológico é um conceito inclusor, integrado por um conjunto de noções básicas que se inter-relacionam, como mudança geológica, fácies⁴, sucessão causal e cronologia, e o conhecimento de cada uma por si só não garante a compreensão do conceito, somente o entendimento de todas elas e suas interações. Nesse sentido, elaboram sugestões e propostas de atividades referenciadas pela história da geologia, epistemologia e concepções prévias dos estudantes.

Das principais contribuições destes trabalhos, destaca-se a recomendação sobre a necessidade de apresentar perspectivas mais dinâmicas sobre o planeta e seus processos a fim de relacionar Tempo Geológico com mudança, afinal, em uma Terra estática (sem alterações geológicas contínuas) não seria possível dividir sua história em períodos geológicos, assim não haveria sentido falar em tempo geológico (Pedrinaci & Berjillos, 1994). Os autores enfatizam a importância de promover a concepção das rochas como "arquivos históricos", ou seja, providas de informações, tanto sobre as condições em que se originaram como sobre as alterações que sofreram ao longo do tempo, capazes de fornecer pistas sobre o passado do planeta. Para conduzir os estudantes a adotarem estes novos pontos de vista, sugerem o tratamento conjunto de rochas e fósseis e a abordagem de princípios básicos que envolvem Geologia, Estratigrafia e Cronologia.

Trabalhos sobre ensino de evolução também apresentam propostas interessantes para abordagem de Tempo Geológico (Evans, 2000; Andersson & Wallin, 2006; Dodick, 2007; Dolphin, 2009; Van Dijk & Kattmann, 2009; Cotner, Brooks & Moore, 2010). Dado o vínculo entre Tempo Geológico e Evolução, sugere-se o trato da história da vida no planeta a partir de narrativas históricas e construção de linhas do tempo para ilustrar a evolução da vida no decorrer dessa história.

A inclusão da história da Geologia para facilitar a apropriação de Tempo Geológico também é uma sugestão, pois os conteúdos das geociências são importantes principalmente ao esclarecer os procedimentos que fundamentam a concepção geológica de tempo. A introdução da História das Geociências possibilita a reflexão sobre como se deu a construção desse conhecimento (Zimmermann, 2012).

Numa aproximação filosófica, Cervato e Frodeman (2012) defendem o tratamento da noção de tempo geológico a partir das abordagens econômica, política e cultural, trazendo à tona questões como o impacto das taxas de consumo e uso de recursos naturais pela sociedade atual, perspectiva fundamental para que os estudantes apreendam uma concepção de tempo geológico mais usual e relevante.

O momento adequado: um diálogo com o currículo de Biologia

Segundo Pedrinaci e Berjillos (1994), o conceito de tempo geológico não pode ser adquirido de uma só vez, num processo linear, mas a partir de aquisições parciais que se integram ao

⁴ Conjunto de rochas com características distintivas.

longo de vários episódios curriculares; defendem sua abordagem ao longo de todo o ensino secundário espanhol. Igualmente, não presumimos que o ensino de Tempo Geológico em nosso contexto deva acontecer numa única intervenção pontual ou em uma unidade didática apenas. Admitimos que sua abordagem em nossas escolas também precisa acontecer em episódios curriculares diversos, de preferência sob o olhar de disciplinas variadas, ao longo da educação básica.

Nossa proposta é o desenvolvimento de uma sequência didática para a abordagem de Tempo Geológico em um desses momentos curriculares, não significa que esta deva ser a única maneira e ocasião de ensino. Nosso produto e orientações refletem nossa vivência e bagagem teórica e prática no ensino da Biologia, Paleontologia e Geociências.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) aponta para a importância da integração do conhecimento das geociências às Ciências da Natureza, especificamente, à Biologia; destaca que a compreensão da vida implica no reconhecimento de que os sistemas orgânicos estão em constante transformação e interação com o ambiente, assim, é preciso considerar as diferentes escalas temporais em que os processos biológicos ocorrem para uma compreensão adequada da vida; nesse sentido, o ensino de Biologia deve contemplar tanto os processos que ocorrem no tempo de vida de um organismo quanto os que compreendem um intervalo de tempo muito maior, filogenético (Brasil, 2017). Entende-se que a perspectiva geológica de tempo deve figurar, sobretudo, no ensino de Evolução.

Prevalece na BNCC a tendência mundial, também presente nos PCN (Brasil, 2002), da evolução como eixo integrador do currículo de Biologia, que deve permear todos os assuntos deste campo, evitando sua abordagem concentrada numa única unidade curricular. A noção de Tempo Geológico deve ser ensinada em Biologia ao discutir processos evolutivos, de modo que a apreensão da perspectiva geológica de tempo possa amparar a compreensão satisfatória de evolução.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+), os temas relacionados a Geociências devem ser abordados de maneira interdisciplinar no ensino médio em Biologia, Física e Química (Brasil, 2002). Assim, em Biologia, Tempo Geológico pertence ao Tema Estruturador "Origem e Evolução da Vida", que foca na abordagem dos processos evolutivos, nas origens da vida, Terra e Universo, na história da vida na Terra e em dimensionar processos vitais em diferentes escalas de tempo, nesse sentido, sugerindo a esquematização das linhas evolutivas dos seres vivos e a construção de uma escala de tempo (Brasil, 2002).

Assim, entendemos que uma SD para abordagem de Tempo Geológico na educação básica tenha lugar durante o desenvolvimento da unidade didática com foco em Evolução. Segundo a BNCC, para Ciências, a unidade temática curricular é Vida e Evolução; segundo os PCN+, para Biologia, é Origem e Evolução da Vida.

O objetivo deste artigo é analisar o desenvolvimento dos princípios de *design* que orientaram a elaboração de uma sequência didática a ser aplicada no ensino médio, integrada ao currículo de Biologia e inserida na unidade didática sobre Origem e Evolução da Vida.

Metodologia

No âmbito do *Desing Research*, parte-se de problemas educacionais para os quais nenhuma ou poucas orientações estão disponíveis para apoiar o desenvolvimento de materiais educacionais (intervenções, jogos, livros, etc.) sobre determinado tema (Plomp, 2010). A partir da análise do(s) problema(s) e apoiadas em pesquisas prévias e na experiência prática dos desenvolvedores são elaboradas diretrizes iniciais para a construção de um produto educacional. Esse produto em desenvolvimento é testado sucessivamente em seu contexto alvo, podendo ser modificado no decorrer das fases de teste (prototipagem). Refletindo sobre todas as etapas do processo, os desenvolvedores seguem elaborando novas diretrizes, ou princípios de *design*, e protótipos até que seja obtido um equilíbrio satisfatório entre o planejado e o alcançado durante os testes. O resultado final é

o material educacional e os construtos teóricos (princípios de *design* finais) que guiaram o seu desenvolvimento.

Assim, uma investigação de DR é focada na concepção de intervenções para o contexto real de ensino, orientada para o processo de desenvolvimento desta intervenção e para a construção dos construtos teóricos que sustentam este processo (Plomp, 2010). Esses princípios de *design* têm caráter orientador e possuem uma faceta chamada substantiva, referindo-se ao conhecimento sobre as características essenciais da intervenção desenvolvida, ou seja, indica "o que fazer"; e uma faceta chamada procedimental, que se refere ao conjunto de atividades promissoras para se atingir o que está sendo proposto, ou seja, sugere "como fazer".

Os princípios de *design* têm mais robustez para serem utilizados e testados por outros pesquisadores e professores em novas situações pedagógicas quando são mais diretivos e articulados com a teoria e sustentados cada vez mais por evidências empíricas. Os critérios de validação podem variar entre as investigações e até mesmo dentro de uma mesma investigação. Em geral, considera-se o quanto o *design* da intervenção está fundamentado no estado da arte do conhecimento e se seus componentes estão relacionados uns aos outros de maneira coerente; a convicção dos usuários (ou especialistas) da intervenção sobre a atratividade e utilidade do produto em questão; e se as experiências e resultados são consistentes com os objetivos propostos (Van Den Akker, 1999).

Apropriamos-nos da perspectiva histórica de Burchfield (1998) sobre a "invenção do Tempo Geológico"; nas diretrizes didáticas de Pedrinaci e Berjillos (1994); e na experiência prática de ensino das autoras e colaboradoras desta pesquisa, principalmente em nossas experiências com ensino de Geociências e Paleontologia (Chaves, Moraes, & Lira-da-Silva, 2013; Chaves, Moraes, & Lira-da-Silva, 2015; Chaves, Moraes, & Lira-da-Silva, no prelo), para a elaboração de nossos princípios de *design* iniciais, que foram concebidos para auxiliar a produção de uma sequência didática para abordagem de Tempo Geológico em aulas de Biologia no ensino médio.

A SD foi inicialmente construída pela pesquisadora principal desta investigação considerando também experiências prévias com aulas, mini-cursos e oficinas sobre o tema. Posteriormente foi ajustada pela professora de Biologia colaboradora da investigação, que adequou a SD às suas expectativas e limitações, à capacidade cognitiva dos estudantes de suas turmas de 1º ano do ensino médio, onde a intervenção seria aplicada, e ao planejamento curricular da disciplina e da escola.

Nesta pesquisa de desenvolvimento, que tem caráter qualitativo, valoriza-se a natureza descritiva do processo de *design*, que é cíclico e iterativo, favorecendo o ajuste do produto e princípios, aumentando a qualidade do material final. Este artigo abrange a etapa inicial da investigação - a pesquisa preliminar e a elaboração de princípios de *design* iniciais para formulação do primeiro protótipo da sequência didática.

Apresentamos os princípios de *design* iniciais desenvolvidos segundo o formato a seguir, adaptado de Van Den Akker (1999):

"Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, é aconselhável: (1) Adotar a característica A, para o propósito/função y1, realizando o procedimento K, em razão do argumento P. (2) Adotar a característica B, para o propósito/função y2, realizando o procedimento L, em razão do argumento Q. (3) Adotar a característica C, para o propósito/função y3, realizando o procedimento M, em razão do argumento R. (...)" (Sarmiento, 2015, p.23)

Resultados

Os princípios de design

Dez princípios⁵ para orientar a elaboração de uma sequência didática visando a abordagem de Tempo Geológico no ensino médio foram elaborados. Apresentamos os propósitos, características, procedimentos e argumentos principais de cada princípio, enquanto a estrutura inicial do enunciado é a mesma para todos. Se deseja desenvolver uma sequência didática para abordagem de Tempo Geológico com o propósito de beneficiar o ensino de Evolução no contexto do ensino médio, é aconselhável:

1. Estimular o debate sobre a idade da Terra, com os propósitos de apresentar e discutir relações entre assuntos e métodos de Biologia e Geociências associados a Tempo Geológico que serão trabalhados ao longo da SD e levantar concepções prévias dos alunos sobre ideias e conceitos relacionados a Tempo Geológico (cronologia, métodos de datação, mudanças geológicas, fósseis, entre outros) para identificar dificuldades e interesses, possibilitando a adequação do produto educacional a fim de melhor atender essas demandas, realizando isso através do emprego de perguntas motivadoras e promovendo discussões durante as aulas. A questão da idade da Terra é uma excelente oportunidade pedagógica para discussão e exposição de ideias sobre Tempo Geológico porque é um tópico interdisciplinar que envolve Física, Geologia e Biologia e se configura também como uma questão social e ideológica, servindo como contraponto para a discussão da relação entre ciência e sociedade (Tort & Nogarol, 2013). Nesse caso, a interdisciplinaridade do debate permite que os estudantes exponham conhecimentos prévios sobre dimensões variadas que compõem a noção de Tempo Geológico, oportunizando a identificação de tendências que justifiquem alterações no produto educacional para melhor atender os objetivos de ensino. Outro argumento importante é que antes de oferecer respostas precisas sobre a idade da Terra, é conveniente apresentar a questão como um problema e refletir sobre possíveis métodos disponíveis que ofereçam respostas (Pedrinaci & Berjillos, 1994).
2. Realizar uma abordagem da história da Geologia com foco na construção da noção de Tempo Geológico, com o propósito de promover o entendimento de que Tempo Geológico é produto do empreendimento científico, portanto, uma criação do ser humano, e fazer isso através de aulas expositivas dialogadas que destaquem as contribuições (e respectivos contextos históricos em que se desenvolveram) de Thomas Burnet, James Hutton e Charles Lyell para consolidação da Geologia como ciência e para o surgimento da noção de Tempo Geológico. Isso porque só a história da Geologia pode apresentar elementos que expliquem como o conceito de Tempo Geológico se desenvolveu; o tratamento histórico ajuda a entender a relação que existe entre um procedimento de investigação, o cálculo e a teoria em que ele se baseia, ajuda a valorizar a teoria, sua potencialidade explicativa e limitações e a entender porque se obteve resultados que não correspondem ao que aceitamos como certo hoje, ou seja, mostra como se constrói a ciência (Pedrinaci & Berjillos, 1994).
3. Realizar a abordagem de conhecimentos básicos de Geologia, com os propósitos de favorecer o reconhecimento de que o registro geológico evidencia uma sucessão de acontecimentos passados e suscitar a percepção das rochas como "arquivos históricos", e fazer isso através de aula expositiva dialógica sobre conteúdos básicos de Geologia Geral, com auxílio de esquemas e imagens que facilitem a interpretação dos processos geológicos e uso de fotografias e kit didático de rochas para exemplificar processos que ocorrem em rochas. Isso porque é necessário um grande esforço para compreender a reconstrução de uma história a partir da observação e interpretação de um objeto inanimado (rocha) sem o conhecimento profundo de Geologia, portanto, é fundamental que os estudantes conheçam teorias, princípios e métodos de trabalho que ajudam a interpretar o

⁵ Estes princípios iniciais foram encaminhados para avaliação empírica e ainda não haviam sido validados quando escrevemos este artigo.

registro geológico e reconstruir a sua história (Sequeiros, Pedrinaci & Berjillos, 1996; Zen, 2001).

4. Realizar a abordagem de conhecimentos básicos de Paleontologia, com o propósito de favorecer o desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra - destacando a importância do registro fóssil (aliado ao registro geológico) para revelar o passado do planeta, e fazer isso através de aula expositiva dialógica sobre conteúdos fundamentais de Paleontologia, com auxílio de esquemas e imagens que auxiliem a compreensão do processo de fossilização e fotografias e réplicas de fósseis que ilustrem a variedade de tipos de fósseis que existem e também empregando estratégias didáticas que possibilitem a reflexão e discussão sobre a utilização de fósseis para explicar acontecimentos pretéritos, por exemplo, atividades que simulem estudos de caso, como a investigação do fóssil da mamute Lyuba⁶, e atividades que solicitem a reconstrução de histórias a partir de pistas deixadas por fósseis. Isso porque a abordagem contextualizada de rochas e fósseis pode ser de grande ajuda nas aulas (Pedrinaci & Berjillos, 1994) e a ênfase no papel de rochas e fósseis na indicação de idades absolutas e relativas de acontecimentos pretéritos clarifica a perspectiva geológica de tempo (Sequeiros, Pedrinaci & Berjillos, 1996). A realização de atividades que encorajem os estudantes a solucionar problemas usando o raciocínio lógico e o conhecimento de Paleontologia pode facilitar a percepção do intervalo temporal necessário para que mudanças significativas em organismos e paisagens terrestres ocorram.
5. Realizar a abordagem dos princípios básicos de Estratigrafia e Geocronologia, com os propósitos de oportunizar a compreensão da importância dos métodos quantitativos para calcular a duração da escala do Tempo Geológico e favorecer a aceitação de um limite quantitativamente determinável para a idade da Terra, fazendo isso através de aula expositiva dialogada com exibição de imagens e esquemas que auxiliem no entendimento de princípios estratigráficos e com a aplicação de atividades sobre sobreposição de camadas e sucessão faunística (cronologia relativa) e decaimento radioativo e meia-vida (cronologia absoluta). Isso porque é necessário que se compreenda os métodos científicos que guiaram os pesquisadores na definição de idades para a Terra e de muitos eventos e fenômenos pretéritos, pois assegura que estas não são decisões arbitrárias e carentes de evidências. Os princípios estratigráficos básicos, se trabalhados adequadamente, abarcam pouca complexidade terminológica e conceitual e permitem a compreensão da cronologia relativa (Pedrinaci & Berjillos, 1994). A datação absoluta apresenta maiores entraves, pois os estudantes, em geral, sentem-se desconfortáveis ao lidar com números de grandeza elevada (Trend, 2001; Libarkin, Kurdziel & Aderson, 2007; Bonito et al., 2011;). É importante investir em estratégias de ensino que esclareçam os métodos de datação absoluta, facilitando a sua compreensão. O conhecimento dos princípios estratigráficos é imprescindível para a compreensão adequada das taxas de mudança geológica, fundamental para se entender as transformações geológicas que ocorrem longo do tempo (Dodick & Orion, 2003a).
6. Empregar estratégias que evidenciem uma imagem dinâmica, não estática, da Terra, explicando os processos internos e externos que regulam tais modificações, com o propósito de relacionar Tempo Geológico com mudança geológica, acentuando a ideia de que a Terra está em constante alteração, fazendo isso através de aula expositiva dialógica com exibição de esquemas, imagens e fotografias e aplicação de atividades que auxiliem os estudantes a compreenderem os agentes causadores das alterações e perceber os estágios de mudança geológica, como também através de discussões de textos jornalísticos em grandes grupos sobre casos recentes de atividades geológicas de grande impacto que causaram alterações significativas no ambiente (terremotos e tsunamis, por

⁶ Anatomy, death, and preservation of a woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) calf, Yamal Peninsula, northwest Siberia (Fisher et al., 2012).

- exemplo). Isso porque, para favorecer uma perspectiva mais dinâmica (menos fixista) dos estudantes sobre o planeta, é preciso uma abordagem em que se estabeleça de maneira explícita a posição inicial (antes da alteração), a situação resultante, o que foi modificado e o que permanece inalterado, o agente causador e em que consiste sua ação, e quais as consequências da mudança (Pedrinaci & Berjillos, 1994).
7. Realizar o ensino com enfoque na representação espacial da escala do tempo geológico, reproduzindo os períodos da história da Terra, seus principais acontecimentos e marcações temporais, com o propósito de facilitar a compreensão da escala de tempo geológico e ressaltar sua importância para o desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra, fazendo isso através da construção conjunta, em grupos, de linhas do tempo da história da Terra baseada na escala do tempo geológico. Isso porque a representação espacial de grandes períodos de tempo auxilia na construção de uma representação mental pelos estudantes desse tempo (Pedrinaci & Berjillos, 1994), tornando mais “concreta” a noção abstrata de Tempo Geológico. A reconstrução da história da Terra pelos estudantes com a utilização de imagens e suas próprias reflexões e conhecimentos para estabelecer uma sequência de eventos (antes de se preocuparem com idades absolutas) é uma atividade que estimula a percepção de Tempo Geológico (Kastens et al., 2009). A utilização de um modelo linear que relacione a escala do tempo geológico e marque a duração de processos geológicos diferentes pode ajudar os estudantes a perceberem a duração de eventos específicos (Cheek, 2012) e permite a visualização da antiguidade da Terra e magnitude da perspectiva geológica de tempo (Dolphin, 2009).
 8. Realizar a narrativa da história da Terra, com o propósito de consolidar a noção de tempo profundo, ou seja, a aceitação que a idade da Terra é significativamente maior que o registro histórico da humanidade, fazendo isso através de aula expositiva com a narração da história da Terra no formato de “contação de história”, utilizando imagens representativas de paisagens, organismos e eventos pretéritos da Terra como suporte narrativo, caracterizando cada grande período que representa a escala do tempo geológico e localizando o homem nessa história. Isso porque a narrativa da história evolutiva do planeta Terra pode auxiliar os estudantes a compreenderem a vastidão de tempo necessária para que a Terra assumisse sua configuração atual; a história evolutiva da Terra é apresentada, assim, como uma cadeia de acontecimentos únicos e integrados que ocorreram ao longo do tempo, sendo que o surgimento do homem é uma das etapas mais recentes dessa narrativa. O tratamento conjunto da história da Terra e da vida é relevante porque o conhecimento de eventos importantes da história do planeta ajuda a construir o conceito de Tempo Geológico na medida em que tais acontecimentos atuam como “faróis” iluminando nossa visão sobre o passado da Terra (Pedrinaci & Berjillos, 1994).
 9. Empregar narrativas históricas de eventos significativos da história da Terra, com o propósito de associar Tempo Geológico e Evolução, fazendo isso através de aula expositiva dialógica e promoção de discussões coletivas, estimuladas por questões orientadoras e material audiovisual, sobre episódios de grande impacto evolutivo, como a conquista do ambiente terrestre pelas plantas e pelos vertebrados, a extinção dos dinossauros no fim do Cretáceo, entre outros acontecimentos que também fascinam os estudantes. Isso porque as narrativas históricas mais detalhadas podem informar os estudantes sobre a história da vida e podem ajudá-los a entender melhor os processos evolutivos e a entender a estrutura temporal da evolução (Van Dijk & Kattmann, 2009).
 10. Um enfoque mais abrangente da noção de tempo geológico, sobretudo as dimensões econômica, política e cultural, com o propósito de suscitar raciocínios mais reais e práticos sobre tempo geológico, fazendo isso através da discussão em grupos de textos de divulgação científica que versam, por exemplo, sobre a

possibilidade de estarmos vivendo uma nova época geológica, o Antropoceno, e/ou sobre a chance de estarmos presenciando o início de um sexto processo de extinção em massa, provocando a reflexão sobre o papel do homem na história evolutiva do planeta e as perspectivas futuras possíveis para a Terra. Isso porque é importante posicionar Tempo Geológico nos âmbitos humanístico e político, afinal, esta noção não é meramente científica, mas se relaciona também com o contexto social em que se apresenta (Cervato & Frodeman, 2012). Cada vez mais, os recentes debates sobre questões ambientais têm incluído a perspectiva temporal, portanto, para o desenvolvimento de uma cidadania mais exigente é fundamental refletir em termos de escala temporal (Rebello et al., 2011).

Incorporamos as etapas para construção do conceito de tempo geológico apresentadas por Burchfield (1998) aos propósitos dos princípios de *design* (princípios 3, 4, 5, 7 e 8), tendo em vista uma abordagem mais autêntica e histórico-orientada. Para preparar os estudantes nesta direção, optamos por incluir como propósito precedente (princípio 2) promover o entendimento de que Tempo Geológico é uma construção científica humana. Segundo Pedrinaci & Berjillos (1994), estudantes podem assumir que os períodos geológicos existem naturalmente e não são construções humanas utilizadas para ordenar o passado, percepção que poderia prejudicar a abordagem de Tempo Geológico que propomos.

Julgamos prudente fazer o levantamento de concepções prévias dos estudantes (associado ao princípio 1), considerando o desenvolvimento de uma sequência didática que possa ser constantemente alterada para adequar-se ao contexto em que é aplicada; além disso, para valorizar o conhecimento anterior dos estudantes, promovendo maior engajamento na atividade. As concepções dos estudantes podem ter impacto significativo sobre como eles apreendem determinado fenômeno geológico e como extrapolam para outras situações; podem mostrar que eles estão chegando para as aulas com ideais variadas sobre o fenômeno e que quando eles alegam terem aprendido sobre certo fenômeno anteriormente não significa que eles realmente o compreenderam adequadamente (Libarkin, 2006).

Os objetivos dos princípios 6 e 9, relacionar tempo geológico com mudança geológica e relacionar Tempo Geológico e Evolução, estão intencionalmente associados à nossa proposta de inserir o produto educacional a ser desenvolvido em aulas de Biologia, estabelecendo amarrações entre tempo geológico e o processo evolutivo.

Admitimos que o propósito final do produto educacional deve ser promover reflexões práticas sobre Tempo Geológico, ou seja, possibilitar não só a apropriação desta noção, mas o uso deste conhecimento nos desafios cotidianos, portanto, uma das diretrizes (princípio 10) enfatiza esta finalidade.

Apesar de independentes, em geral, as diretrizes propostas são complementares e o desenvolvimento de uma implica no progresso da outra. A realização de uma narrativa única sobre a história da Terra e a abordagem e discussão de alguns eventos significativos dessa história, a partir de narrativas históricas, por exemplo, são características que, apesar de poderem ser empregadas de forma separada, devem funcionar melhor se conduzidas juntas num mesmo episódio didático.

Uma sequência didática para ensino de Tempo Geológico no Ensino Médio

O Quadro 1 apresenta o primeiro esboço da SD construída pelas pesquisadoras, destacando as principais atividades a serem desenvolvidas nas aulas, os objetivos de ensino relativos a cada etapa e os objetivos de aprendizagem associados a eles, e a função de cada aula para o desenvolvimento da intervenção como um todo. Desmembramos as intenções educacionais deste produto em objetivos de aprendizagem conceituais, procedimentais e atitudinais, como sugere Zabala (1998), para destacar o que é preciso saber, saber fazer e ser com a conclusão das atividades.

Este quadro exhibe os conteúdos inovadores, especialmente de Geociências, a serem abordados nas aulas. Os conteúdos tipicamente trabalhados em Biologia, que também serão tratados, não são detalhados porque dependem em grande medida do

planejamento curricular das escolas e da prática pedagógica dos professores e não temos pretensão de avaliar ou orientar o ensino dos mesmos. No entanto, destacamos que esta SD contempla também os seguintes conteúdos: evolução, seres vivos, ecologia, sistema Terra, educação ambiental e procedimentos e métodos em ciências.

Nesta SD, as aulas chamadas expositivas dialogadas não implicam em aulas tradicionais com mera exposição de conteúdos. Os objetivos de aprendizagem e procedimentos evidenciam a abertura de canais de diálogo entre professor(a) e estudantes para que o conhecimento seja construído a partir da interação de ambos, numa abordagem comunicativa dialógica (Mortimer & Scott, 2002), embora em muitos momentos também prevaleça o discurso de autoridade do professor.

Na medida em que os princípios de *design* foram elaborados, tornou-se claro que o produto educacional resultante deveria mobilizar conhecimentos que extrapolam o perfil do campo de Ciências Biológicas, como conteúdos de história das Geociências, Geologia e Estratigrafia. A literatura reforça a necessidade de se trabalhar estes conhecimentos para uma abordagem adequada de Tempo Geológico. Toledo (2005) enfatiza a necessidade de inclusão de Geociências no currículo de forma integradora e interdisciplinar, e, particularmente dentro de Biologia, mobilizando conteúdos que evidenciem as condições geológicas que dirigiram a evolução, pois a organização curricular atual priva o estudante do pertinente estudo conjunto da História da Terra e História da Vida associadas ao longo do tempo geológico.

Assim, para a integração satisfatória desta SD ao currículo de Biologia do ensino médio, prevemos duas saídas: o(a) professor(a) de Biologia deve ser instrumentalizado para apropriar-se dos conteúdos de Geociências necessários e/ou é preciso realizar uma aplicação colaborativa e interdisciplinar da sequência didática, mobilizando professores de outras disciplinas obrigatórias, como Geografia e História.

Quadro 1 - Sequência didática baseada na construção da noção de Tempo Geológico segundo Burchfield (1998) para abordagem de Tempo Geológico no ensino médio.

Atividades a serem desenvolvidas nas aulas	Objetivo de ensino	Objetivos de aprendizagem			Função da atividade no desenvolvimento da sequência didática
		Conceituais	Procedimentais	Atitudinais	
<p>Aula 01: Discussão com a turma sobre a idade do planeta Terra a partir das concepções prévias apresentadas pelos estudantes, que podem ser estimulados a participar em resposta às perguntas motivadoras feitas pelo professor. Por exemplo: “Como sabemos a idade da Terra?”; “Quem nos informa quantos anos a Terra tem?”; “Como é possível calcular a idade do planeta?”; “A humanidade sempre soube a idade do planeta?”; “Sempre acreditamos numa terra com 4,6 bilhões de anos?”; “Todos os oceanos, rios, lagos, continentes e formações rochosas do planeta têm a mesma idade?”.</p>	<p>Valorizar o conhecimento prévio trazido pelos estudantes e promover o engajamento dos alunos nas atividades desta sequência didática;</p> <p>Estimular a reflexão dos estudantes sobre a construção do conhecimento geocientífico.</p>	<p>Reconhecer e ponderar criticamente como se dá a construção do conhecimento geocientífico e o impacto desse conhecimento na sociedade.</p>	<p>Engajar-se no debate respeitando ideias discordantes apresentadas;</p> <p>Participar da discussão de forma organizada para que envolva toda a turma e seja bem-sucedida.</p>	<p>Contribuir para a discussão respeitando as ideias dos outros, ainda que sejam fatos e opiniões contrários ou equivocados;</p> <p>Posicionar-se criticamente em relação a questão da idade da Terra, considerando aspectos que podem explicar e influenciar esta percepção de tempo.</p>	<p>Possibilitar a exposição de conhecimentos prévios dos estudantes sobre ideias e conceitos relacionados a Tempo Geológico (cronologia, métodos de datação, mudanças geológicas, fósseis, entre outros);</p> <p>Introduzir a discussão sobre a construção do conceito de tempo geológico na perspectiva da história das geociências.</p>
<p>Aula 2: Aula expositiva</p>	<p>Proporcionar a</p>	<p>Entender o percurso</p>	<p>Aproveitar canais de</p>	<p>Posicionar-se</p>	<p>Fornecer o</p>

<p>dialogada sobre a história das geociências com foco na construção da perspectiva geológica de tempo.</p>	<p>compreensão do percurso histórico de construção da noção de tempo geológico;</p> <p>Favorecer a percepção de como o conhecimento científico é construído.</p>	<p>histórico da construção da noção de tempo geológico;</p> <p>Reconhecer a importância dos contextos sociais e históricos relacionados ao desenvolvimento da perspectiva geológica de tempo.</p>	<p>diálogo para expor dúvidas, levantar questionamentos pertinentes e expor conhecimentos prévios sobre o tema.</p>	<p>criticamente em relação aos aspectos históricos que nortearam o desenvolvimento da perspectiva geológica de tempo e que influenciaram (e influenciam) a construção do conhecimento científico.</p>	<p>panorama histórico sobre a "invenção" do tempo geológico;</p> <p>Reconhecer que a noção de tempo geológico é uma construção histórica do homem fundamentada no trabalho científico;</p> <p>Introduzir conceitos próprios de Geociências em seus contextos de aplicação que serão aprofundados nas aulas seguintes.</p>
<p>Aula 3: Aula expositiva dialogada sobre Geologia e realização de atividade investigativa em grupo sobre origem das rochas.</p> <p>Atividade: Kit didático com exemplos diversos de rochas para observação, manuseio e reconhecimento de características genéticas distintas de rochas por grupos de estudantes.</p>	<p>Promover a compreensão de conhecimentos básicos de Geologia;</p> <p>Promover a percepção das rochas como "arquivos históricos";</p> <p>Promover uma visão mais dinâmica, não fixista, de rochas e formações rochosas.</p>	<p>Assimilar conhecimentos básicos de Geologia;</p> <p>Reconhecer rochas como arquivos históricos, ou seja, elementos dinâmicos que podem guardar informações não só sobre suas origens e transformações, mas sobre características pretéritas do planeta.</p>	<p>Aproveitar canais de diálogo para expor dúvidas, levantar questionamentos pertinentes e expor conhecimentos prévios sobre o tema;</p> <p>Discutir em grupos de maneira organizada para o desenvolvimento da atividade investigativa sobre a origem das rochas.</p>	<p>Contribuir para a discussão em grupo respeitando as ideias dos outros ainda que sejam fatos e opiniões contrários ou equivocados;</p> <p>Assumir um ponto de vista não-fixista em relação às paisagens (e seus componentes) terrestres.</p>	<p>Promover a compreensão de conhecimentos básicos de Geologia que são fundamentais para o entendimento dos princípios e métodos que possibilitam definir idades absolutas e relativas considerando a perspectiva geológica de tempo;</p> <p>Favorecer o reconhecimento de que o registro</p>

					geológico evidencia uma sucessão de acontecimentos passados; Introduzir conhecimentos que sustentem uma visão mais dinâmica (não-fixista) do planeta.
<p>Aula 4: Aula expositiva dialogada sobre Paleontologia e realização de atividades investigativas (individual e em grupo) sobre fósseis.</p> <p>Atividade em grupos: Investigação sobre história da mamute Lyuba (prováveis idade, habitat, causa da morte, período em que viveu, eventos pós-morte e processo de fossilização) após apresentação, realizada pelo(a) professor(a), das informações obtidas pela equipe de paleontólogos no momento da coleta e perícia do fóssil.</p> <p>Atividade individual: Identificação de fóssil</p>	<p>Propiciar a compreensão de conhecimentos básicos de Paleontologia;</p> <p>Promover contato com métodos de trabalho do paleontólogo e com o processo de investigação científica em geociências.</p> <p>Promover discussão sobre o papel da ciência (particularmente da Paleontologia) e sua importância na reconstrução da história da Terra.</p>	<p>Assimilar conhecimentos básicos de Paleontologia;</p> <p>Compreender como se dá, em geral, o processo de fossilização e preservação de partes de um organismo;</p> <p>Reconhecer a importância do estudo dos fósseis para dimensionar e precisar acontecimentos da história da Terra;</p> <p>Conhecer os métodos de investigação da Paleontologia na determinação ou sugestão de idades e histórias de</p>	<p>Aproveitar canais de diálogo para expor dúvidas, levantar questionamentos pertinentes e expor conhecimentos prévios sobre o tema;</p> <p>Discutir em grupos de maneira organizada para o desenvolvimento da atividade investigativa sobre Lyuba;</p> <p>Manusear, inquirir e apropriar-se da réplica de fóssil a fim de identificá-lo;</p> <p>Mobilizar conhecimentos prévios, adquiridos ao longo das aulas e através pesquisas em livros, revistas, internet e apontamentos</p>	<p>Contribuir para a discussão em grupo respeitando as ideias dos outros ainda que sejam fatos e opiniões contrários ou equivocados;</p> <p>Assumir um ponto de vista não-fixista em relação a ocorrência e distribuição dos organismos ao longo da história da Terra.</p>	<p>Promover uma abordagem contextualizada de rochas e fósseis como elementos fundamentais para dimensionar acontecimentos pretéritos ao longo do tempo geológico;</p> <p>Apresentar conhecimentos que sustentem uma visão mais dinâmica (não-fixista) do planeta;</p> <p>Favorecer o desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra.</p>

<p>(provável organismo que originou o fóssil e que parte deste organismo se encontra fossilizada) e elaboração de texto que explique provável processo de fossilização ocorrido a partir da análise de uma réplica de fóssil.</p>		<p>organismos e acontecimentos passados.</p>	<p>para a realização da atividade individual de identificação de fóssil.</p>		
<p>Aula 5: Aula expositiva dialogada sobre Estratigrafia e Geocronologia e realização de atividades individuais sobre sobreposição de camadas e sucessão faunística (cronologia relativa) e sobre decaimento radioativo (cronologia absoluta).</p>	<p>Proporcionar a compreensão de princípios estratigráficos fundamentais relacionados ao estabelecimento de idades relativas de composições rochosas;</p> <p>Propiciar o entendimento dos métodos quantitativos para cálculos absolutos de idade de rochas e fósseis;</p> <p>Promover o conhecimento de métodos de trabalho e o processo de</p>	<p>Assimilar conhecimentos básicos de Estratigrafia e Geocronologia;</p> <p>Compreender processos e métodos relacionados à determinação de idades relativas e absolutas;</p> <p>Entender que a sugestão ou determinação de idades para elementos, processos e eventos da Terra são baseadas em estudo científico, suportado por evidências, testes e teorias, não são decisões arbitrárias.</p>	<p>Aproveitar canais de diálogo para expor dúvidas, levantar questionamentos pertinentes e expor conhecimentos prévios sobre o tema;</p> <p>Mobilizar conhecimentos adquiridos ao longo das aulas para a realização das atividades individuais.</p>	<p>Contribuir para a discussão em grupo respeitando as ideias dos outros ainda que sejam fatos e opiniões contrários ou equivocados;</p> <p>Posicionar-se criticamente em relação a ideias controversas sobre a idade da Terra.</p>	<p>Promover uma abordagem contextualizada de rochas e fósseis como elementos fundamentais para dimensionar acontecimentos pretéritos ao longo do tempo geológico;</p> <p>Promover a aceitação de um limite quantitativamente determinável para a idade da Terra;</p> <p>Favorecer a compreensão dos métodos científicos utilizados na definição de idades para a Terra, seus componentes e eventos.</p>

	investigação científica em geociências.				
Aula 6: Aula expositiva dialogada sobre a dinâmica da Terra e exibição de fotografias para discussão e análise de fenômenos geológicos recentes de grande impacto que tiveram ampla cobertura na mídia (terremotos e tsunamis).	<p>Caracterizar o planeta Terra em termos origem, composição e formato;</p> <p>Explicar processos internos e externos que regulam a dinâmica da Terra;</p> <p>Analisar processos de alterações geológicas observáveis no tempo humano (terremotos e tsunamis, por exemplo).</p>	<p>Compreender que as características do planeta, definidas por sua origem e conformação, determinam os processos internos e externos que regulam sua transformação ao longo do tempo e possibilitam a existência e manutenção da vida;</p> <p>Compreender que a Terra, desde o seu surgimento, está em constante evolução;</p> <p>Entender que mudanças geológicas são produzidas tanto por processos lentos e contínuos quanto por processos esporádicos e intensos.</p>	<p>Aproveitar canais de diálogo para expor dúvidas, levantar questionamentos pertinentes e expor conhecimentos prévios sobre o tema;</p> <p>Participar da discussão de forma organizada para que envolva toda a turma e seja bem-sucedida.</p>	<p>Contribuir para a discussão em grupo respeitando as ideias dos outros ainda que sejam fatos e opiniões contrários ou equivocados;</p> <p>Adotar perspectivas dinâmicas (não fixistas) da Terra.</p>	<p>Associar tempo geológico a mudança geológica;</p> <p>Favorecer a compreensão de que a Terra está em constante transformação;</p> <p>Reconhecer que as alterações do planeta se originam tanto de processos sincrônicos quanto diacrônicos;</p> <p>Fortalecer uma visão dinâmica (não fixista) do planeta.</p>
Aula 7: Construção, em grupos, de linhas do	Realizar a representação	Inteirar-se da sequência de	Aproveitar canais de diálogo para expor	Contribuir para a discussão em grupo	Facilitar a compreensão da

<p>tempo da história da Terra baseada na escala do tempo geológico.</p> <p>As linhas do tempo devem conter referências de idade e os eventos significativos da história do planeta, particularmente, os acontecimentos que caracterizam e limitam os principais períodos da escala tempo geológico.</p>	<p>espacial da história da terra e escala do tempo geológico;</p> <p>Promover a apropriação de nomes dos principais períodos geológicos e acontecimentos que limitam esses intervalos;</p> <p>Favorecer a compreensão do percurso evolutivo da Terra ao longo do tempo geológico;</p> <p>Ressaltar a importância da escala do tempo geológico para o desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra.</p>	<p>eventos que delineiam a história da Terra;</p> <p>Localizar temporalmente os eventos significativos que marcam a história do planeta;</p> <p>Reconhecer (saber ler) a escala do tempo geológico;</p> <p>Perceber a magnitude da perspectiva geológica de tempo.</p>	<p>dúvidas, levantar questionamentos pertinentes e expor conhecimentos prévios sobre o tema;</p> <p>Participar da construção da linha do tempo em grupo de forma organizada, respeitando as contribuições dos colegas, considerando a opinião de todos até atingirem um consenso;</p> <p>Mobilizar conhecimentos adquiridos ao longo das aulas, reflexões individuais, debates em grupo e conhecimentos prévios para a construção da linha do tempo.</p>	<p>respeitando as ideias dos outros ainda que sejam fatos e opiniões contrários ou equivocados.</p>	<p>escala do tempo geológico;</p> <p>Auxiliar na construção de uma representação mental do tempo geológico, ou seja, tornar concreta a noção abstrata de tempo geológico.</p>
<p>Aulas 8 e 9: Narrativa sobre a história da Terra e discussão de episódios significativos dessa trajetória, como por exemplo, a conquista do</p>	<p>Realizar a narrativa da história da Terra no formato de "contaçaõ de história", com</p>	<p>Apreender a história da Terra, ou seja, entender a sequência de eventos únicos e integrados que</p>	<p>Aproveitar canais de diálogo para expor dúvidas, levantar questionamentos pertinentes e expor conhecimentos</p>	<p>Contribuir para discussões respeitando as ideias dos outros ainda que sejam fatos e opiniões contrários</p>	<p>Relacionar tempo geológico e evolução;</p> <p>Consolidar a noção de tempo profundo;</p>

<p>ambiente terrestre pelas plantas, a conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados e as grandes extinções do fim do cretáceo.</p> <p>Atividade: Na medida em que a história da Terra é narrada, as linhas do tempo construídas na aula anterior devem ser corrigidas pelos grupos.</p>	<p>auxílio de imagens e vídeos que ilustrem o conto;</p> <p>Realizar o tratamento conjunto da história da Terra e da vida;</p> <p>Apresentar a história evolutiva da Terra como uma cadeia de acontecimentos únicos e integrados que ocorreram ao longo do tempo;</p> <p>Caracterizar os principais intervalos temporais da história da Terra (eras, períodos);</p> <p>Discutir episódios evolutivos de grande impacto na história da Terra.</p>	<p>representam a sua história evolutiva;</p> <p>Compreender a vastidão de tempo necessária para o planeta assumir sua configuração atual;</p> <p>Compreender a vastidão de tempo necessária para que grandes mudanças evolutivas ocorram;</p> <p>Perceber que o surgimento do homem é um dos estágios mais recentes da história do planeta;</p> <p>Adquirir uma visão geral sobre o passado da Terra.</p>	<p>prévios sobre o tema;</p> <p>Participar das discussões de forma organizada, expondo ideias baseadas em conhecimentos prévios, adquiridos ao longo das aulas ou não, respeitando a contribuição dos outros, ainda que sejam ideias opostas ou equivocadas;</p> <p>Corrigir as linhas do tempo sob supervisão do(a) professor(a) e em comum acordo com os demais membros do grupo no momento oportuno.</p>	<p>ou equivocados;</p> <p>Reconhecer que a idade da Terra é significativamente maior que o registro histórico da humanidade, ou seja, assunção da noção de tempo profundo;</p> <p>Posicionar-se criticamente em relação a ideias controversas sobre a história da Terra;</p> <p>Posicionar-se criticamente em relação a ideias controversas sobre a posição e evolução do homem.</p>	<p>Proporcionar uma percepção ampla da história da vida na Terra.</p>
<p>Aula 10: Leitura e discussão em grupos de textos de divulgação científica sobre aspectos econômicos, políticos e</p>	<p>Promover a reflexão sobre as dimensões econômica, política e cultural</p>	<p>Compreender as dimensões políticas, sociais e culturais envolvidas na perspectiva</p>	<p>Ler e discutir em grupo de forma organizada, respeitando as contribuições dos</p>	<p>Contribuir para discussões respeitando as ideias dos outros ainda que sejam fatos e opiniões contrários</p>	<p>Promover pensamentos mais reais e significativos sobre tempo geológico;</p>

<p>culturais relacionados a tempo geológico, como por exemplo, textos que discutam a formalização do período chamado "Antropoceno", caracterizado pela forte influência humana na determinação das características e configuração da Terra, e/ou que discutam a iminência de uma sexta extinção de grande escala, também influenciada pelas ações do homem ao longo do tempo.</p>	<p>que envolvem a noção de tempo geológico;</p> <p>Promover uma discussão sobre perspectivas futuras da Terra;</p> <p>Promover uma discussão sobre a influência do homem na determinação do futuro do planeta;</p> <p>Promover o uso da noção de tempo geológico na reflexão sobre problemas ambientais atuais e/ou futuros.</p>	<p>geológica de tempo;</p> <p>Reconhecer as consequências das atividades humanas para o futuro do planeta.</p>	<p>outros ainda que sejam contrárias ou equivocadas;</p> <p>Participar das discussões de forma organizada, expondo ideias baseadas na leitura dos textos, em conhecimentos prévios, adquiridos ao longo das aulas ou não, respeitando a contribuição dos outros, ainda que sejam ideias opostas ou equivocadas;</p> <p>Aproveitar canais de diálogo para expor dúvidas, levantar questionamentos pertinentes e expor conhecimentos prévios sobre o tema.</p>	<p>ou equivocados;</p> <p>Adotar a perspectiva geológica de tempo na reflexão e resolução de problemas;</p> <p>Posicionar-se criticamente sobre o impacto do homem na evolução do planeta.</p>	<p>Abordar dimensões econômica, política e cultural da noção de tempo geológico;</p> <p>Posicionar tempo geológico nos âmbitos humanístico e político, afinal, a noção de tempo geológico não é meramente científica, mas se relaciona também com o contexto social;</p> <p>Proporcionar o emprego da noção de tempo geológico nas reflexões sobre o futuro do planeta.</p>
---	--	--	--	--	---

Observação: Cada aula prevista tem duração de 50 minutos.

Conclusões

Adotando a perspectiva de Burchfield (1998) sobre a “inveção” do Tempo Geológico e com base em nossa pesquisa bibliográfica e experiência prática, entendemos que um produto educacional voltado para o ensino de Tempo Geológico no ensino médio deve possuir características essenciais, tais como: estimular o debate sobre a idade da Terra; abordar a história da Geologia com foco na construção do conceito de Tempo Geológico; abordar conhecimentos básicos de Geologia e Paleontologia; abordar princípios básicos de Estratigrafia e Geocronologia; empregar estratégias que evidenciem uma imagem dinâmica da Terra; focar na representação espacial da escala do tempo geológico; empregar a narrativa da história da Terra; utilizar narrativas históricas de eventos significativos da história da Terra; e realizar um enfoque mais amplo da noção de Tempo Geológico, abordando suas dimensões econômica, política e cultural.

A sequência didática que elaboramos a partir dos princípios de *design* constitui-se de 10 aulas a serem aplicadas, preferencialmente, numa unidade didática de Biologia associada ao ensino de Evolução. Os conteúdos dessas aulas avançam as fronteiras das ciências biológicas, exigindo conhecimentos do campo das geociências. Nesse sentido, é fundamental que o(a) professor(a) de Biologia - que não está sendo preparado nos cursos de licenciatura para tratar de assuntos de Geociências que tenham relação com sua área (Guimarães, 2004), procure instrumentalizar-se, seja através de cursos de atualização e formação continuada ou de maneira autodidata, podendo, ainda, trabalhar conjuntamente com professores de Geografia e História.

Este produto educacional deverá ser aplicado em contexto real de ensino para que os testes indiquem ajustes necessários tanto na sequência didática quanto nos princípios de *design* a ela relacionados.

Referências

- Andersson, B., & Wallin, A. (2006). On developing content-oriented theories taking biological evolution as an example. *International Journal of Science Education*, 28(6), 673-695.
- Bacci, D., Oliveira, L.A., & Pommer, C. (2009). Contribuição da abordagem geocientífica no ensino fundamental: tempo geológico, origem do petróleo e mudanças ambientais. *Enseñanza de las Ciencias*, Núm. Extra, 3447-3451. Disponível em: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294705>.
- Betti, A., & Kulaif, Y. (2007) O tempo geológico nas aulas de História – Uma experiência no ensino fundamental. *Anais do Primeiro Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra*, Campinas, São Paulo. CD-ROM.
- Bizzo, N., & Oliveira, J. (2011). Tempo Geológico nas perspectivas histórica, epistemológica e sócio-cultural: resultados de uma pesquisa transnacional. *Atas do Oitavo Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Campinas, São Paulo. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1667-1.pdf>.
- Bizzo, N., & El-Hani, C.N. (2009). O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 235-257.
- 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 Didatica*, 7(1), 60-71.
- Brasil. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. (2000). Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC.

- 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.
- Brasil. Ministério da Educação. (2017). Base Nacional Comum Curricular. Proposta preliminar. Terceira versão. Brasília: MEC. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>.
- Burchfield, J.D. (1998). The age of the Earth and the invention of geological time. In D.J. Blundell & A.C. Scott (Eds.), *Lyell: the Past is the Key to the Present* (pp.137-143). London: Geological Society Special Publications.
- Cervato, C., Frodeman, R. (2012). The significance of geologic time: cultural, educational and economic frameworks. *The Geological Society of America Special Papers*, 486, 19-27.
- Chaves, R.S., Moraes S.S., &Lira-da-Silva, R.M. (2013). O jogo 'Viagem no Tempo Geológico' como recurso didático na educação básica. In Ribeiro A.M., Lana C.C., Abdala F., Coimbra, J.C., Leme, J., & Garcia, M.J (Eds.), *Paleontologia em Destaque: Edição Especial. Boletim de Resumos XXVIII Congresso Brasileiro de Paleontologia* (pp. 61).
- Chaves, R.S., Moraes S.S., &Lira-da-Silva, R.M. (2015). Quando estudantes agem como paleontólogos: importância do uso (e não apenas demonstração) de réplicas de fósseis. In: *Paleontologia em Destaque: Edição Especial. Boletim de Resumos XXIV Congresso Brasileiro de Paleontologia* (pp. 82).
- Chaves, R.S., Moraes S.S., &Lira-da-Silva, R.M. (no prelo). A Terra revela a sua história para estudantes do ensino fundamental em uma escola municipal da Bahia (Brasil).
- Cheek, K. (2012). Students' Understanding of Large Numbers as a Key Factor in their Understanding of Geologic Time. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 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.
- 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. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 415-442.
- Dodick, J., Orion, N. (2003b). Measuring Student Understanding of Geological Time. *Science Education*, 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. *Science & Education*, 18(3-4), 425-441.
- Evans, M.E. (2000). The emergence of beliefs about the origins of species in school-age children. *Merril-Palmer Quarterly*, 46(2), 221-254.
- Fisher, D.C., Tikhonov, A.N., Kosintsev, P.A., Rountrey, A. N., Buigues, B., van der Plicht, J. (2012). Anatomy, death, and preservation of a woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) calf, Yamal Peninsula, northwest Siberia. *Quaternary Internacional*, 255, 94-55.
- Frodeman, R. (1995). Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *Geological Society of America Bulletin*, 107(8), 960-968.
- Guimarães, E. M. (2004). A contribuição da Geologia na construção de um padrão de referência do mundo físico na educação básica. *Revista Brasileira de Geociências*, 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. *Journal of Geoscience Education*, 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. *Journal of Geoscience Education*, 55(5), 413-422.
- Melo, D.J., Bastos, A.C.F., Rodrigues, V.M.C., & Monção, V.M. (2007). Desenvolvimento de atividade lúdica para o auxílio do ensino e divulgação científica da Paleontologia. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 30(1), 73-76.
- Mortimer, E.F., & Scott, P. (2002) Atividade discursiva das salas de aula de Ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 283-306.
- Oliveira, J.B.de. (2006). O Tempo Geológico no Ensino Fundamental e Médio: os estudantes e os livros didáticos (Tese de doutorado, USP, São Paulo, Brasil). Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-12052015-144412/pt-br.php>.
- Parker, J.D. Using Google Earth to Teach the Magnitude of Deep Time. (2011). *Journal of College Science Teaching*, 40(5), 23-27.
- 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.
- Perez, C.P., Rodrigues, M.F., Santos, T.T., & Andrade, L.C. (2011). O túnel do tempo geológico: Ferramenta didática para o ensino de Geociências no ensino fundamental e médio. In I.S. Carvalho, N.K. Srivastava, O. Strochschoen, C.C. Lana. (Eds.), *Paleontologia: Cenários da Vida* (pp. 709-718), Vol. 4. Rio de Janeiro: Interciência.
- Plomp, T. (2010). Educational Design Research: an Introduction. In T. Plomp, N. Nieveen (Eds.), *An Introduction to Educational Research* (pp. 9-35), Vol. 3. Enschede: SLO - Netherlands Institute for Curriculum Development.
- 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. Artigo apresentado no XI Congresso Internacional Galego-Portugués de Psicopedagogía, La Coruña, Galiza. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/4346>
- Saraiva Júnior, J.C. (2013). Tempo Geológico, Sociedade e Ensino de Geografia Física. *Holos*, 5: 219-233.
- Sarmento, A.C.H. (2015). Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade (Dissertação de mestrado, UFBA/UEFS, Bahia, Brasil).
- Sepúlveda, C., & Almeida, M. (2016). Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia. Feira de Santana: UEFS Editora.
- 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.
- Simons, H., Kushner, S., Jones, K., & James, D. (2003). From evidence-based practice to practice-based evidence: the idea of situated generalization. *Research Papers in Education*, 18(4), 347-364.
- Soares, M.B. (2015). *A Paleontologia na sala de aula*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Paleontologia. Disponível em: <https://www.paleontologianasaladeaula.com>.

- Toledo, M.C.M. (2005). Geociências no Ensino Médio Brasileiro – Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Revista do Instituto de Geociências - USP*, (3), 31-44.
- Tort, A.C., & Nogarol, F. (2013). Revendo o debate sobre a idade da Terra. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 1-9.
- Trend, R.D. (2001). An Investigation into the Understanding of Geological Time among 17-year-old Students, with Implications for the Subject Matter Knowledge of Future Teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 10(3), 298-321.
- Trend, R.D. (2009). The power of deep time in geoscience education: linking 'interest', 'threshold concepts', and 'self-determination theory'. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai: Geologia*, 54(1), 7-12.
- Van den Akker, J. (1999). Principles and Methods of Development Research. In J. Van den Akker, R.M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, T. Plomp (Eds.), *Design approaches and tools in education and training* (pp. 1-14). Boston: Kluwer Academic.
- Van Dijk, E.M., & Kattmann, U. (2009). Teaching Evolution with Historical Narratives. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 479-489.
- Zen, E. (2001). What is deep time and why should anyone care? *Journal of Geoscience Education*, 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.

CAPÍTULO 3
APLICAÇÃO E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ORIENTADA
POR PRINCÍPIOS DE *DESIGN* PARA ABORDAGEM DE TEMPO GEOLÓGICO

Título: Aplicação e análise de uma sequência didática orientada por princípios de *design* para abordagem de Tempo Geológico

Autores: Rafaela Santos Chaves, Simone Souza Moraes e Rejâne M. Lira-da-Silva

Artigo a ser submetido para: Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (ISSN: 1982-873X).

Aplicação e análise de uma sequência didática orientada por princípios de *design* para abordagem de Tempo Geológico

RESUMO

Rafaela Santos Chaves
rafaschaves@gmail.com Programa
de Pós-Graduação em Ensino
Filosofia e História das Ciências
Salvador, Bahia, Brasil

Simone Souza de Moraes
smoraes@ufba.br
Universidade Federal da Bahia
Salvador, Bahia, Brasil

Rejâne Maria Lira-da-Silva
rejane@ufba.br
Universidade Federal da Bahia
Salvador, Bahia, Brasil

Apresentamos os resultados da aplicação e análise do primeiro protótipo de uma sequência didática para abordagem de Tempo Geológico no ensino médio. Esta ferramenta educacional, desenvolvida na perspectiva da *Design Research*, foi elaborada segundo princípios de *design* derivados do saber docente, da literatura sobre ensino de Geociências e Evolução, e da perspectiva histórico-orientada de Burchfield (1998) para a construção do conceito de tempo geológico. Integrada ao planejamento didático de Biologia, a intervenção foi testada em uma turma de 1º ano do ensino médio de uma escola em Salvador, Bahia, Brasil. A análise, guiada por observação não-participativa, entrevista com professora e grupo focal com estudantes, indicou a necessidade de mudanças nos princípios de *design* adotados e, conseqüentemente, na sequência didática. Indicamos trabalho colaborativo, uso de filmes de ficção, visita a museu e exposições, realização de atividades investigativas, emprego da ferramenta narrativa, uso de textos de divulgação científica e foco na abordagem histórica do tema para orientar a elaboração de um segundo protótipo para novos ciclos de teste visando o aperfeiçoamento desta inovação educacional. Mostramos ser viável e estimulante (para professores e estudantes) a abordagem de Tempo Geológico e de conteúdos de Geociências em aulas de Biologia.

PALAVRAS-CHAVE: Tempo Geológico. Ensino de Biologia. Ensino de Geociências.

1. INTRODUÇÃO

Tempo Geológico é uma noção central de Geociências que repercute significativamente na compreensão de Evolução, uma vez que fornece uma perspectiva de tempo que comporta o processo evolutivo e as alterações ambientais de longo prazo na Terra. Assim, tem merecido a atenção das investigações sobre ensino de ciências, nas quais este conceito tem sido avaliado como um obstáculo cognitivo para a compreensão de Evolução (DODICK, 2007) e de conceitos mais amplos de Geociências (TREND, 2001). Somada à sua importância também para a evolução do pensamento científico, para a ampliação da bagagem cultural individual e na tomada de decisão sobre questões econômicas e ambientais atuais (CERVATO; FRODEMAN, 2012), a concepção geológica de tempo merece um lugar no currículo escolar.

Na Educação Básica brasileira não há obrigatoriedade de uma disciplina específica para Geociências, embora a relevância do conhecimento das ciências da Terra seja destacada tanto nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002) quanto na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) para o Ensino Fundamental, que sugerem o tratamento interdisciplinar das temáticas de Geociências, inclusive a perspectiva geológica de tempo, em aulas de Biologia e Ciências.

O ensino de Tempo Geológico nas escolas brasileiras é um trabalho desafiador, especialmente quando se considera a falta de preparo dos professores para lidar com conteúdos de Geociências (GUIMARÃES, 2004) e a carência de recursos didáticos que possam auxiliar estes docentes nesta empreitada. Também é uma atividade inovadora, dado o baixo número de investigações que se debruçam sobre a abordagem deste conceito no ensino básico.

Neste cenário, no âmbito do *Design Research*, desenvolvemos diretrizes (princípios de *design*) para a abordagem de Tempo Geológico em aulas de Biologia do ensino médio e, a partir delas, uma sequência didática¹ (SD) sobre o tema, que foi aplicada numa turma de 1º ano de uma escola pública em Salvador, Bahia, Brasil. O objetivo deste artigo é apresentar os resultados iniciais da aplicação e avaliação desta SD com o intuito de verificar a validade dos princípios de *design* que orientaram sua elaboração e aperfeiçoar suas características.

2. AS DIRETRIZES E A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As diretrizes, ou princípios de *design*, são construtos teóricos que orientam o desenvolvimento de um produto educacional. São recomendações baseadas na literatura e saber docente que têm ênfase substantiva, ou seja, indica “o que fazer”, e ênfase procedimental, ou seja, sugere “como fazer”. São generalizáveis a novas situações pedagógicas quanto mais diretas, articuladas com a teoria e fundamentadas em evidências empíricas forem (Van Den Akker, 1999). Nesse sentido, é muito importante que estes princípios sejam validados², sendo esta uma das etapas descritas neste artigo.

As diretrizes para a abordagem de Tempo Geológico no ensino básico, resumidas no Quadro 1, foram elaboradas segundo a proposta para formulação de princípios de *design* de Sarmiento (2015)³, adaptada de Van Den Akker (1999)⁴,

e foi referenciada na revisão de literatura sobre o ensino de Tempo Geológico, Geociências e Evolução e na experiência prática desta equipe de pesquisa. O processo de desenvolvimento dessas diretrizes foi descrito em outro artigo (CHAVES; MORAES; LIRA-DA-SILVA, 2016) e não faz parte do escopo deste.

Esses princípios de *design* seguem a perspectiva histórico-orientada de Burchfield (1998) para a consolidação da noção de Tempo Geológico em cinco etapas essenciais, que foram incorporadas aos propósitos dos princípios, são elas: o reconhecimento que o registro geológico evidencia uma sucessão de acontecimentos passados; a aceitação que a idade da Terra é significativamente maior que o registro histórico da humanidade (noção de tempo profundo); o desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra através da construção de uma escala de tempo geológico heurística; a criação de métodos quantitativos para calcular a duração da escala do tempo geológico; e a aceitação de um limite quantitativamente determinável para a idade da Terra.

As ênfases substantivas e procedimentais dessas diretrizes foram baseadas, principalmente, nas orientações de Pedrinaci e Berjillos (1994) sobre como ensinar Tempo Geológico no ensino secundário espanhol, nas propostas didáticas de trabalhos sobre ensino de Geociências e Evolução e na experiência prática das pesquisadoras na abordagem do tema.

Quadro 1 – Diretrizes (princípios de *design*) iniciais que orientaram a elaboração de primeiro protótipo da SD para abordagem de Tempo Geológico no ensino médio.

	Propósito	Ênfase Substantiva (o que fazer)	Ênfase Procedimental (como fazer)
1	Correlacionar assuntos e métodos de Biologia e Geociências associados a Tempo Geológico e levantar concepções prévias para identificar dificuldades e interesses dos estudantes	Estimular o debate sobre a idade da Terra	Discussão coletiva direcionada por perguntas motivadoras
2	Promover o entendimento de que o conceito de Tempo Geológico é produto do empreendimento científico	Realizar uma abordagem da história da Geologia com foco na construção da noção de Tempo Geológico	Aula expositiva dialogada sobre a consolidação da Geologia como ciência e o surgimento da noção de Tempo Geológico
3	Favorecer o reconhecimento de que o registro geológico evidencia uma sucessão de acontecimentos passados, assim, suscitar a percepção das rochas como “arquivos históricos”	Realizar a abordagem de conhecimentos básicos de Geologia	Aula expositiva dialogada com auxílio de esquemas e imagens e uso de fotografias e kit didático de rochas
4	Permitir o desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra e destacar a importância	Realizar a abordagem de conhecimentos básicos de Paleontologia	Aula expositiva dialogada com auxílio de esquemas, imagens, fotografias e réplicas de fósseis e aplicação de estudos de caso e atividades

	do registro fóssil (aliado ao registro geológico) para revelar o passado do planeta		investigativas que promovam reflexão e discussão coletiva sobre a utilização de fósseis para explicar e reconstruir acontecimentos pretéritos
5	Promover a compreensão da importância dos métodos quantitativos para calcular a duração da Escala do Tempo Geológico e favorecer a aceitação de um limite quantitativamente determinável para a idade da Terra	Realizar a abordagem de conhecimentos sobre princípios básicos de Estratigrafia e Geocronologia	Aula expositiva dialogada com exibição de imagens e esquemas e aplicação de atividades em grupo que exercitem a compreensão sobre cronologia relativa e absoluta
6	Relacionar Tempo Geológico com mudança geológica, acentuando a ideia de que a Terra está em constante alteração	Empregar estratégias que evidenciem uma imagem dinâmica, não estática, da Terra	Aula expositiva dialogada com exibição de esquemas, imagens e fotografias; aplicação de atividades que promovam a percepção dos agentes causadores e os estágios de mudança geológica; e discussão em grupo de textos jornalísticos sobre casos recentes de atividades geológicas de grande impacto
7	Facilitar a compreensão da Escala do Tempo Geológico e ressaltar sua importância para o desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra	Realizar o ensino com enfoque na representação espacial da Escala do Tempo Geológico	Construção em grupos de linhas do tempo da história da Terra baseada na Escala do Tempo Geológico
8	Consolidar a noção de tempo profundo, ou seja, a aceitação que a idade da Terra é significativamente maior que o registro histórico da humanidade	Realizar a narrativa da história da Terra	Aula expositiva dialogada associada à narração da história da Terra no formato de “contação de história”, utilizando imagens como suporte narrativo
9	Relacionar Tempo Geológico e evolução	Empregar narrativas históricas de eventos significativos da história da Terra	Aula expositiva dialogada e promoção de discussões coletivas, estimuladas por questões orientadoras e material audiovisual
10	Estimular raciocínios mais reais e práticos sobre Tempo Geológico	Enfoque mais abrangente da noção de Tempo Geológico: dimensões econômica, política e cultural	Leitura e discussão em grupos de textos de divulgação científica

A partir dessas diretrizes, foi elaborado um esboço da SD, que foi apresentado e discutido com uma professora de Biologia colaboradora nesta investigação, responsável pela aplicação da intervenção em contexto real de ensino. Três encontros ocorreram em caráter de oficina com o intuito de, existindo necessidade, qualificar a professora em relação aos conhecimentos de Geociências necessários para a apropriação da SD e, a partir da troca de experiências, validar *a priori*⁵ uma sequência didática adequada ao contexto de aplicação.

Nesta oficina, ministrada pela pesquisadora responsável pela investigação num formato dialógico, sem limite pré-estabelecido de tempo, foram abordados conteúdos e procedimentos previstos na SD. Esta etapa originou o primeiro protótipo da intervenção (Quadro 2), que apresentou alterações a fim de corresponder às expectativas e limitações apresentadas pela professora, considerando os conteúdos a serem abordados, a capacidade cognitiva dos estudantes para compreenderem os assuntos e a adequação à programação curricular da escola.

Dentre as limitações da própria docente, destacou-se a falta de tempo para estudo e apropriação de determinados conhecimentos, gerando insegurança em relação a algumas etapas da SD e certas estratégias didáticas. Dessa forma, a segunda aula prevista no esboço da intervenção foi removida - uma aula expositiva dialogada sobre história das Geociências com foco na construção da noção de Tempo Geológico, cujos objetivos de ensino eram proporcionar a compreensão do percurso histórico de construção da noção de Tempo Geológico e favorecer a percepção de como o conhecimento científico é construído no âmbito das Geociências. Esta medida foi necessária porque a professora não se reconheceu preparada para conduzir este episódio de ensino. A abordagem histórica de Geociências não aparece em manuais didáticos familiares aos docentes de ensino básico, portanto, seria imperativo estudar textos acadêmicos, de linguagem mais técnica, o que demandaria tempo e dedicação extras para o desenvolvimento das atividades.

Como consequência desta alteração, uma das características da SD (*Realizar uma abordagem da história da Geologia com foco na construção da noção de Tempo Geológico*) não pôde ser avaliada no teste empírico, assim, o princípio 2 não passou por validação. A remoção da abordagem histórica da construção do conceito de Tempo Geológico não compromete o desenvolvimento das demais etapas da SD, no entanto, perde-se o panorama histórico sobre o surgimento do conceito, comprometendo, possivelmente, a percepção dos estudantes sobre a “invenção” do Tempo Geológico fundamentada no trabalho científico.

Também foi necessário suprimir a realização de atividades individuais sobre cronologia relativa e cronologia absoluta na aula sobre princípios básicos de Estratigrafia e Geocronologia. Esse ajuste significou ganho de tempo de aula, visto que a professora julgou mais prudente dedicar-se à explanação dos princípios estratigráficos com mais afinco, já que este seria o primeiro contato dos alunos com estas noções.

A fim de regular a aplicação da SD às exigências curriculares da escola, também ficou estabelecido que as atividades realizadas durante as aulas seriam pontuadas e, juntas, somariam o valor correspondente a uma das avaliações da

unidade, cabendo apenas à professora definir os critérios de avaliação e o provimento das notas.

Após os ajustes, a SD foi configurada para nove aulas (aproximadamente 8 horas-aula do planejamento curricular) a serem aplicadas no desenvolvimento da unidade didática (UD) Origem e Evolução da Vida, embora os conteúdos abordados extrapolem a UD em questão e, além da presença pronunciada de Geociências, relacionem-se também a Ecologia, Seres Vivos e Ciência & Sociedade. Nesse caso, a professora já havia se organizado para integrar as aulas que compõem a SD à programação da disciplina e assim abordar conteúdos de outras unidades dentro desta intervenção, sem comprometer o currículo de Biologia do 1º ano. Tal estrutura está de acordo com a sugestão de Toledo (2005), que ao analisar o ensino de Geociências frente aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), afirma que os conhecimentos de Geociências, que têm aspectos físicos, químicos e biológicos, podem ser tratados numa organização interdisciplinar, agrupados em projetos ou programas que rompam com a fragmentação curricular tradicional.

Quadro 2 – Planejamento didático do 1º protótipo da SD para abordagem de Tempo Geológico para aplicação numa turma de 1º ano do Colégio Estadual Almirante Barroso.

	Atividades desenvolvidas	Objetivos de ensino	Objetivos de aprendizagem
AULA 1	Discussão com a turma sobre a idade do planeta Terra considerando concepções prévias dos estudantes, que podem ser estimulados a participar em resposta às perguntas motivadoras feitas pela professora	Valorizar o conhecimento prévio dos alunos e promover o engajamento nas atividades; Estimular a reflexão dos estudantes sobre o processo de construção do conhecimento geocientífico;	Reconhecer, ponderar e posicionar-se criticamente sobre a construção do conhecimento geocientífico e o impacto desse conhecimento na sociedade; Participar do debate de maneira organizada, respeitando ideias dos colegas, ainda que discorde das mesmas;
AULA 2	Aula expositiva dialógica de Geologia e disponibilização de kit didático com exemplos diversos de rochas para observação, manuseio e reconhecimento de suas características genéticas distintas	Promover a compreensão de conhecimentos básicos de Geologia; Promover a percepção das rochas como “arquivos históricos”; Promover uma visão mais dinâmica, não fixista, de rochas e formações rochosas;	Assimilar conhecimentos básicos de Geologia; Reconhecer rochas como elementos dinâmicos que podem guardar informações sobre suas origens, alterações e sobre o passado da Terra; Assumir um ponto de vista não-fixista em relação às paisagens (e seus componentes) terrestres;
AULA 3	Aula expositiva dialógica sobre Paleontologia e realização de atividades investigativas (em grupo ¹ e individual ²) sobre fósseis. ¹ Investigação sobre a história de morte e fossilização da mamute Lyuba; ² Estudo de fóssil (réplica) e elaboração de texto que sugira identificação e provável processo de fossilização ocorrido	Promover a compreensão de conhecimentos básicos de Paleontologia; Informar sobre métodos de trabalho do paleontólogo e seu processo de investigação científica; Promover discussão sobre o papel da ciência (particularmente da Paleontologia) e sua importância na reconstrução da história da Terra;	Assimilar conhecimentos básicos de Paleontologia e compreender o processo de fossilização; Apreender a importância da Paleontologia e seus métodos de investigação para sugestão de idades e histórias de organismos e acontecimentos passados; Discutir de forma organizada, em grupos, para o desenvolvimento da atividade investigativa, respeitando as ideias de todos; Manusear, questionar e apropriar-se da réplica de fóssil a fim de identificá-lo, mobilizando conhecimentos prévios, adquiridos nas aulas e através de pesquisas;

AULA 4	Aula expositiva dialógica sobre Estratigrafia e Geocronologia	<p>Proporcionar a compreensão de princípios estratigráficos fundamentais relacionados ao estabelecimento de idades relativas entre rochas;</p> <p>Propiciar o entendimento dos métodos quantitativos para cálculos absolutos de idade de rochas e fósseis;</p> <p>Informar sobre os métodos de trabalho e o processo de investigação científica em geociências;</p>	<p>Assimilar conhecimentos básicos de Estratigrafia e Geocronologia;</p> <p>Entender processos e métodos relacionados à determinação de idades relativas e absolutas e compreender que a indicação dessas idades é baseada em estudo científico suportado por evidências, testes e teorias, não são decisões arbitrárias;</p> <p>Posicionar-se criticamente em relação às ideias controversas sobre a idade da Terra, suas paisagens e organismos;</p>
AULA 5	Aula expositiva dialógica sobre a dinâmica da Terra com exibição de fotografias e textos jornalísticos para discussão e análise de fenômenos geológicos recentes de grande impacto que tiveram ampla cobertura na mídia (terremotos e tsunamis)	<p>Caracterizar o planeta Terra em termos de origem, composição e formato;</p> <p>Explicar processos internos e externos que regulam a dinâmica da Terra;</p> <p>Analisar processos geológicos que envolvem alterações observáveis no tempo humano;</p>	<p>Compreender que as características do planeta, definidas por sua origem e conformação, determinam processos internos e externos que regulam sua transformação ao longo do tempo e possibilitam a existência e manutenção da vida no planeta;</p> <p>Compreender que a Terra está em constante evolução;</p> <p>Entender que mudanças geológicas são produzidas tanto por processos lentos e contínuos quanto por processos esporádicos e intensos;</p> <p>Aproveitar canais de diálogo para expor dúvidas, apresentar conhecimentos prévios sobre os temas e participar da discussão de forma organizada, respeitando as ideias de todos;</p> <p>Adotar perspectivas dinâmicas (não fixistas) da Terra;</p>
AULA 6	Construção, em grupos, de linhas do tempo da história da Terra baseada na Escala do Tempo Geológico	<p>Realizar a representação espacial da história da Terra segundo a Escala do Tempo Geológico;</p> <p>Promover a familiarização com nomes dos principais períodos geológicos e acontecimentos que limitam esses intervalos;</p> <p>Favorecer a compreensão do percurso evolutivo da Terra ao longo do Tempo Geológico;</p> <p>Ressaltar a importância da Escala do Tempo Geológico para o desenvolvimento de um sentido histórico do passado da Terra;</p>	<p>Aprender a sequência de eventos que descrevem a história da Terra e localizar temporalmente os eventos significativos desse percurso;</p> <p>Compreender a Escala do Tempo Geológico;</p> <p>Perceber a magnitude da perspectiva geológica de tempo;</p> <p>Participar da construção da linha do tempo de forma organizada, respeitando as contribuições dos colegas, considerando a opinião de todos para realização da atividade;</p> <p>Mobilizar conhecimentos adquiridos ao longo das aulas, reflexões individuais, debates em grupo e conhecimentos prévios para a construção da linha do tempo;</p>

AULA 7 + 8	<p>Narrativa sobre a história da Terra e discussão de episódios significativos dessa trajetória: a conquista do ambiente terrestre pelas plantas, a conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados e as grandes extinções do fim do cretáceo. Na medida em que a história da Terra é narrada, as linhas do tempo construídas na aula anterior devem ser corrigidas pelos grupos</p>	<p>Realizar a narrativa da história da Terra no formato de “contação de história”, com auxílio de imagens e vídeos; Apresentar a história evolutiva da Terra como uma cadeia de acontecimentos únicos e integrados que ocorreram ao longo do tempo; Discutir episódios evolutivos significativos dessa história; Realizar o tratamento conjunto da história da Terra e da vida; Caracterizar os principais intervalos temporais da história da Terra (éons, eras, períodos);</p>	<p>Adquirir uma visão geral sobre a história da Terra, ou seja, conhecer a sequência de eventos únicos e integrados que representam a sua história evolutiva; Compreender a vastidão de tempo necessária para o planeta assumir sua configuração atual; Compreender a vastidão de tempo necessária para que grandes mudanças evolutivas ocorram; Perceber que o surgimento do homem é um dos estágios mais recentes da história do planeta; Participar das discussões de forma organizada, expondo ideias baseadas em conhecimentos prévios, adquiridos ao longo das aulas, respeitando a contribuição dos outros; Corrigir as linhas do tempo sob supervisão do(a) professor(a); Reconhecer que a idade da Terra é significativamente maior que o registro histórico da humanidade, ou seja, aceite da noção de tempo profundo; Posicionar-se criticamente em relação a ideias controversas sobre a história da Terra, inclusive sobre evolução do homem;</p>
AULA 9	<p>Leitura e discussão em grupos de textos de divulgação científica sobre a formalização do período chamado “Antropoceno”, caracterizado pela forte influência humana na determinação das características e configuração da Terra, e/ou que discutam a iminência de uma sexta extinção de grande escala, também influenciada pelas ações do homem ao longo do tempo</p>	<p>Oportunizar a reflexão sobre as dimensões econômica, política e cultural relacionadas à noção de Tempo Geológico; Promover discussão sobre perspectivas futuras da Terra; Promover discussão sobre a influência do homem na determinação do futuro do planeta; Propiciar o uso da noção de Tempo Geológico na reflexão sobre problemas ambientais atuais e/ou futuros.</p>	<p>Compreender as dimensões políticas, sociais e culturais envolvidas na perspectiva geológica de tempo; Reconhecer as consequências das atividades humanas para o futuro do planeta; Ler e discutir em grupos, de forma organizada, respeitando as contribuições de todos; Contribuir para as discussões de forma organizada, expondo ideias baseadas na leitura dos textos, em conhecimentos prévios e adquiridos ao longo das aulas; Adotar a perspectiva geológica de tempo na reflexão e resolução de problemas; Posicionar-se criticamente sobre o impacto do homem na evolução do planeta.</p>

O planejamento didático descrito enfoca os conteúdos inovadores, sobretudo de Geociências, a serem apresentados nas aulas. Os conteúdos tradicionais de Biologia relacionados às UD's mencionadas também serão abordados, mas não são detalhados porque não tencionamos avaliar ou orientar o ensino dos mesmos, são eles: evolução (conceitos e mecanismos); origem, caracterização e relações evolutivas e ecológicas entre os seres vivos; caracterização e relações do sistema Terra; tópicos de educação ambiental; procedimentos e métodos em ciências.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa de desenvolvimento, de natureza qualitativa, segue a abordagem metodológica da *Design Research* (DR), onde é investigada a produção de uma inovação educacional, que ao ser desenvolvida e testada apresenta como resultados tanto o produto educacional em questão quanto construtos teóricos (princípios de *design*), que devem auxiliar demais pesquisadores e desenvolvedores em contextos similares, bem como contribuir para o entendimento do problema motivador da pesquisa. Via de regra, a investigação baseada em DR é caracterizada por ser: intervencionista, teórico-orientada, cíclica e iterativa, aplicável e útil em contexto real de ensino (PLOMP, 2010). Esta abordagem possibilita que uma SD em desenvolvimento seja testada em diversos ciclos, sendo constantemente modificada durante a investigação.

As etapas do estudo, segundo Plomp (2010), são: pesquisa preliminar (estudo do problema, revisão da literatura, definição do quadro conceitual ou teórico); prototipagem (*design* e teste do produto); e avaliação (análise de resultados parciais). Estes estágios são continuamente repetidos até que seja alcançado o equilíbrio entre objetivos iniciais e resultados finais da pesquisa numa avaliação geral. Este artigo compreende o primeiro ciclo da etapa de prototipagem, portanto, a aplicação do primeiro protótipo da sequência didática em desenvolvimento, os resultados parciais obtidos e a primeira avaliação deste processo.

3.1. Contexto de aplicação e participantes/sujeitos de pesquisa

O Colégio Estadual Almirante Barroso (CEAB) está localizado em Paripe, Salvador, Bahia, e atende estudantes do ensino fundamental ao médio do subúrbio ferroviário nos três turnos. A sequência didática desenvolvida foi aplicada nas aulas de Biologia da 4ª unidade de 2016 em todas as turmas de 1º ano do CEAB ministradas pela professora colaboradora desta investigação. Entretanto, estrategicamente, a coleta e análise de informações ocorreram apenas na turma 1º A – Vespertino, na qual as aulas de Biologia eram sequenciais (somando 1h40min), para facilitar os procedimentos de coleta de informações.

Mirando o contexto real de ensino, a sequência didática integrou-se à unidade didática “Origem e Evolução da Vida” e foi aplicada pela própria professora de Biologia da turma. A docente possui licenciatura em Ciências Naturais (1998), bacharelado em Ciências Biológicas (2006) e mestrado em Geologia (2017); ensina Ciências e Biologia no CEAB há 14 anos.

A turma, composta por 37 alunos matriculados, possuía 30 alunos regulares, sendo 20 estudantes frequentes durante o período de aplicação, estando estes dispostos a participarem voluntariamente da pesquisa, conforme atestado no termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) assinado pelos responsáveis.

3.2. Coleta e análise de informações

Em Educação, a pesquisa de desenvolvimento prevê a concepção de um produto educacional enquanto são analisados atributos relativos à sua produção e aplicação, sendo caracteristicamente centrada nestes processos, não nos

sujeitos. Isto não significa ignorar as vozes dos participantes da pesquisa, assim, consideramos também as perspectivas da professora que aplicou a SD e da turma 1ªA-Vespertino na avaliação do primeiro protótipo da SD, direcionando ajustes em suas características. Esta avaliação *a posteriori* (MÉHEUT, 2005) trata-se de um tipo de validação interna realizado a partir do tratamento qualitativo das informações obtidas com a aplicação da SD em contexto real de ensino.

Para o levantamento desses “dados” qualitativos foi realizada a observação não-participante das aulas que compuseram a SD investigada, que foram gravadas e transcritas em um mapa de atividades para análise posterior, e o registro em diário de bordo das impressões da pesquisadora-observadora aula a aula. A análise das aulas, além de fornecer informações sobre o desenvolvimento da SD, indicando sua efetividade (se está atendendo ou não aos objetivos de ensino propostos) e aplicabilidade (se as características da SD são aplicáveis em contexto real de ensino), pode indicar, associada à apreciação de informações obtidas através dos outros instrumentos, se os estudantes se engajaram nas atividades e se apropriaram dos conhecimentos e conceitos trabalhados no decorrer da intervenção conforme pretendíamos.

Em complementação, foi solicitado um diário de bordo com impressões, sensações e dificuldades experimentadas pela professora após cada dia de aplicação e, oito meses após a conclusão destas aulas, foi realizada uma entrevista aberta (áudio gravado), em profundidade⁵, com a intenção de resgatar as reflexões da docente sobre esta experiência.

A fim de capturar informações na perspectiva dos estudantes, foi realizado um grupo focal aberto (não estruturado) dois meses após a conclusão da SD, gravado e transcrito para análise futura. O grupo foi formado por uma amostra de nove estudantes voluntários dentre os que frequentaram as aulas que compõem a SD.

O exame da entrevista com a docente e do grupo focal com estudantes forneceu uma visão das frustrações, contentamentos, dificuldades e sugestões dos sujeitos para os quais a ferramenta educacional é direcionada.

Dessa forma, a validação dos princípios de design foi realizada através de análise qualitativa comparativa entre nossas expectativas pedagógicas (baseadas em estudos que orientaram a construção da SD e no saber docente) e as vias de ensino-aprendizagem que efetivamente foram adotadas (baseada na observação não-participante das aulas, diário de bordo da pesquisadora, diário de bordo e entrevista com a professora e grupo focal com os estudantes).

Nesta etapa inicial da pesquisa não tivemos pretensão de avaliar a aprendizagem dos estudantes, mas nos concentramos em validar as características da SD em termos de efetividade, aplicabilidade (praticidade) e atratividade em contexto real de ensino. Por analisarmos apenas uma turma não julgamos necessário fazer um estudo quantitativo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos no Quadro 3 o mapeamento da aplicação do primeiro protótipo da SD construído a partir de observação não-participante e diário de bordo da pesquisadora.

Quadro 3 – Mapeamento da aplicação do 1º protótipo da SD para abordagem de Tempo Geológico na turma 1º A (Vespertino) do CEAB em setembro e outubro/2016.

	Atividade	Desenvolvimento da aula
AULA 1	Introdução à aula	Professora inicia a aula lembrando aos alunos que entreguem os termos de consentimento livre e esclarecido (TCLE) caso ainda estejam devendo.
	Discussão sobre a idade da Terra	A professora faz a leitura das questões estimuladoras projetadas no quadro, entre elas: <i>Qual a idade da Terra? Como sabemos a idade da Terra? Os rios, mares, lagos e continentes da Terra possuem a mesma idade?</i> “Gustavo” responde algumas questões, é o único que participa ativamente. “Eric” auxilia o raciocínio do colega. Turma, em geral, só observa a professora.
	Introdução à aula de Geologia	A docente faz algumas perguntas básicas sobre rochas aos estudantes com a intenção de sondar conhecimentos prévios, mas eles não interagem e a professora inicia a exposição do conteúdo da segunda aula; Vice-diretor interrompe a aula para uma comunicação breve com a professora e solicita a liberação de alguns estudantes do grêmio estudantil. A docente então interrompe a aula e se dirige à pesquisadora para explicar a situação.
	Discussão sobre a idade da Terra	Professora retoma as questões motivadoras sobre a idade da Terra projetadas no slide, mas como a maioria dos alunos não está interessada ou não responde alto às questões, a docente adota a estratégia de perguntar diretamente a alguns, chamando-os pelo nome; Quando questionados sobre qual a idade da Terra, os estudantes passam a chutar aleatoriamente idades na casa de milhões ou bilhões; A professora faz as perguntas e aguarda as respostas dos alunos, sem discussão. Passa para a pergunta seguinte caso não obtenha retorno e não oferece respostas corretas para as questões que apresenta; Após um tempo, a participação da turma reduz bastante, apenas um estudante responde as questões em voz alta, a maioria especula baixo, sem provocar uma discussão em grupo; A docente sustenta a ideia levantada por um dos estudantes (e consentida pela turma) de que a datação por Carbono 14 é um método para determinar a idade do planeta; Professora encerra “debate” sem conclusão e inicia tema da aula seguinte.
AULA 2	Aula expositiva de Geologia	Professora projeta aula no quadro e inicia a exposição do conteúdo. Apresenta a definição de minerais e rochas, caracteriza rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, explica as deformações que podem alterar as rochas e resume o ciclo das rochas com o apoio de um esquema projetado no quadro; Os estudantes fazem poucas interferências durante a aula expositiva – só dúvidas; Professora entrega aos estudantes peças do kit didático de rochas para que explorem o material. Um a um os alunos manuseiam e passam as peças aos colegas, alguns estudantes ficam curiosos sobre as amostras e tiram dúvidas com a professora, mas a maioria não se interessa o suficiente; A professora faz algumas perguntas provocativas sobre o conteúdo dado para estimular a participação dos estudantes, mas poucos alunos respondem;
	Atividade investigativa em grupos sobre origem das rochas	A docente preparou as amostras para cada grupo, apresentou a atividade e organizou os grupos. Depois, distribuiu as amostras de rochas entre as equipes; Os estudantes discutiram desorganizadamente e escreveram as respostas da atividade; Durante a atividade, a docente orientou grupos; O tempo de aula esgotou antes que as equipes pudessem apresentar suas respostas à turma, assim, a professora corrigiu as atividades grupo a grupo, sem discussão.
AULA	Introdução à aula de Paleontologia	A professora projeta o slide e inicia a aula com a explicação da etimologia da palavra “Paleontologia”. Os estudantes acompanham a explicação;

Conceituação de “fóssil”	<p>A professora projeta no quadro imagens de fósseis variados e alguns organismos ou estruturas que não são fósseis e pergunta aos estudantes se os registros correspondem a fósseis ou não. Apesar de demonstrarem interesse na observação das imagens, os estudantes participam timidamente, limitando-se a “sim” e “não”; Em seguida, a professora apresenta o conceito de fóssil. A docente não explica ou justifica porque os registros apresentados são ou não são fósseis; Os estudantes, em resposta à professora, justificam que um registro é um fóssil se possui mais de 11.700 anos e não é um fóssil se possui menos que 11.700 anos. A docente, por sua vez, reforça que a idade do registro (11.700 anos) é o critério que determina o que é ou não fóssil e não discute com os estudantes outros requisitos.</p>
Aula expositiva de Paleontologia	<p>A docente apresenta os conceitos de somatofóssil, icnofóssil, subfóssil, pseudofóssil e fóssil-vivo. A professora lê os conceitos, mas não os explica; A professora está sempre chamando a atenção dos estudantes para observarem as imagens projetadas, mas os alunos reclamam da dificuldade de visualização da projeção; Durante a conceituação de subfósseis, um estudante pergunta se os sambaquis que aparecem em um slide são fósseis. A professora explica que não, que são subfósseis, mas que, se depositados agora, dentro de 11.700 anos poderão ser fósseis; Os alunos iniciaram uma breve discussão sobre o que seria uma das imagens de pseudofóssil projetadas; A docente explica as etapas do processo de fossilização; A professora exemplifica e faz uma breve explicação sobre os tipos de fossilização; No fim da exposição, metade da turma está alheia à aula.</p>
Observação de réplicas de fósseis	<p>A professora organizou réplicas de fósseis numa mesa e solicitou que os estudantes, dois a dois, se levantassem para observar o material. A docente se manteve próxima à mesa para tirar as dúvidas dos alunos. Os estudantes demonstraram curiosidade; Enquanto uma dupla manuseava as peças, o resto da turma estava indiferente à aula, aguardando a vez de poderem participar; Alertada pela pesquisadora sobre a falta de tempo para o desenvolvimento da atividade seguinte se a observação de réplicas continuasse, a professora encerrou a atividade;</p>
Atividade investigativa “O Mistério de Lyuba”	<p>A professora solicitou a organização dos estudantes em grupos e projetou a apresentação de slides com imagens, informações e dados de pesquisa sobre a descoberta da mamute Lyuba na Sibéria. Discorreu sobre a investigação paleontológica que possibilitou a reconstrução da história de morte e fossilização da mamute sem apresentar ainda as conclusões da equipe de pesquisa. Em seguida, projetou as instruções da atividade no quadro; Poucos estudantes anotaram as informações que a professora forneceu durante a apresentação da investigação; Durante a atividade, a professora orientou e tirou as dúvidas dos alunos, grupo a grupo. Todas as equipes solicitaram a assistência da professora; Os estudantes se engajaram na atividade e discutiram suas hipóteses em grupos; Após o tempo previsto para a deliberação dos grupos, a professora solicitou que cada equipe apresentasse sua hipótese e justificativas. Não houve discussão das hipóteses de cada grupo com a turma; Por fim, a professora apresentou a conclusão da equipe de pesquisa que estudou Lyuba e, com a ajuda de ilustrações, narrou a provável história de morte e fossilização da mamute. Durante esta exposição, os estudantes estavam bastante atentos, ansiosos para saberem se as hipóteses de suas equipes estavam corretas ou não. Os estudantes dos grupos que acertaram ou se aproximaram do resultado correto comemoraram;</p>

	Apresentação da atividade investigativa extra-classe “Eu, Paleontólogo”	A professora apresentou a atividade, explicou os objetivos, o prazo para entrega e forneceu as folhas de resposta para cada aluno. A pesquisadora distribuiu aleatoriamente as réplicas de fósseis, uma réplica para cada estudante, necessárias para a realização da atividade. Assim que receberam as réplicas, os alunos já começaram a conversar entre si discutindo hipóteses.
AULA 4	Advertência sobre entrega da atividade “Eu, Paleontólogo” Aula expositiva de Estratigrafia e Geocronologia	<p>Professora inicia a aula cobrando dos estudantes a entrega da atividade “Eu, Paleontólogo” e vai de mesa em mesa recolhendo as folhas de resposta. Parte dos estudantes entregou a atividade, mas alguns solicitaram um prazo maior, pois alegaram não terem conseguido fazer por tratar-se de uma tarefa muito difícil;</p> <p>A Professora projetou slide no quadro e iniciou a exposição do conteúdo. Apresentou o Princípio do Atualismo e explicou a Lei de Superposição de Camadas. Chamou constantemente a atenção dos alunos para a observação das imagens e esquemas que explicam a Lei de Superposição de Camadas, algumas vezes perguntando o que eles conseguiam perceber, mas não há interação; Quase todos os estudantes dividem a atenção entre assistir a aula da professora e fazer exercícios de outra disciplina;</p> <p>A docente fala brevemente sobre correlação estratigráfica. Depois, explana rapidamente o que é datação relativa e utiliza imagens e esquemas para orientar a atenção dos estudantes, no entanto, explica todas as imagens e não pede que os alunos tentem interpretá-las. A explicação sobre datação absoluta é rápida;</p> <p>A docente apresentou e tentou chamar a atenção dos alunos para a Escala do Tempo Geológico perguntando onde o surgimento do homem estaria situado no gráfico, mas os estudantes não souberam responder e não demonstraram interesse;</p> <p>No final da aula a professora fez perguntas básicas sobre o conteúdo ministrado, mas ninguém soube responder.</p>
AULA 5	Aula expositiva sobre a dinâmica da Terra	A docente iniciou a aula fazendo perguntas sobre a origem do planeta Terra, estimulando a participação dos estudantes. Alguns alunos interagiram, estimulados pelas perguntas da professora, respondendo e discutindo as questões apresentadas; Depois a professora seguiu com a aula expositiva não dialógica. Explicou a origem da Terra e apresentou o perfil do planeta: composição, formato, características; <p>A professora reclamou que os estudantes estavam fazendo uma atividade de Matemática e não prestavam atenção à aula, solicitando que guardassem o material;</p> <p>No fim a aula, quando a professora perguntou se havia dúvidas, ninguém falou nada.</p>
AULA 6	Introdução da aula	<p>A docente recolheu as atividades “Eu, Paleontólogo” entregues pelos estudantes que pediram um prazo maior para a conclusão da tarefa;</p> <p>A professora informou à turma que a Escala do Tempo Geológico estava representada nas linhas do tempo dispostas em murais na parede da sala de aula, então, explicou brevemente as subdivisões da Escala do Tempo Geológico. Muitos alunos estavam desatentos;</p> <p>A professora repetiu a explicação outras duas vezes: uma vez para contemplar alunos que chegaram após o início da aula e outra vez porque muitos estudantes afirmaram que não compreenderam a explicação;</p> <p>Em seguida, a professora solicitou que os estudantes se dividissem em três grupos de dez alunos e que se dispusessem próximos aos murais com as linhas do tempo;</p> <p>Explicou muito rapidamente aos estudantes a atividade que seria realizada durante a aula. Muitos alunos tiveram dúvidas sobre os procedimentos;</p> <p>Enquanto a professora ajudava os grupos a se organizarem, uma estudante do Grupo 2 dirigiu-se ao computador da professora para observar um slide que continha uma representação da Escala do Tempo Geológico indicando os principais acontecimentos da história da Terra. A estudante fotografou este slide e saiu. Outros alunos que viram a ação da colega tentaram fazer o mesmo, mas a professora foi alertada pela pesquisadora e impediu a ação;</p>

Construção coletiva da linha do tempo da história da Terra	<p>A professora acompanhou a construção das linhas do tempo e, grupo a grupo, quando solicitada, tirou as dúvidas dos estudantes. A docente também foi de grupo em grupo motivando os alunos, mas não interferiu na construção;</p> <p>Os estudantes discutiram bastante dentro dos grupos sobre a construção das linhas do tempo. Alguns alunos ficaram à parte e não se juntaram a nenhuma equipe, mas a professora tentou motivá-los e os integrou à equipe menor;</p> <p>Dois grupos (Grupo 1 e 3) optaram por dispor as cartas de acontecimentos nas linhas do tempo após discussão e consenso entre os membros da equipe. O Grupo 2 distribuiu as cartas entre os membros da equipe e cada um foi posicionando as cartas da forma que julgaram melhor, isso após uma das estudantes da equipe (a que tirou a fotografia do slide) ter colocado as cartas de acontecimentos de acordo com o que observou na fotografia. Alguns alunos tentaram fazer pesquisas no celular para ajudar nas decisões;</p> <p>Finalizado o tempo inicialmente proposto para a atividade (30min), a professora não conseguiu convencer os estudantes a encerrarem imediatamente e a atividade se prolongou.</p>
AULA 7 Narrativa da História da Terra e discussão de episódios significativos	<p>A professora preparou a projeção dos slides para auxiliar na narrativa da história da Terra e informou aos estudantes que, na medida em que a história fosse contada, eles poderiam levantar e alterar as linhas do tempo se sentissem necessidade de corrigir algum equívoco. Alguns estudantes já levantaram e ficaram próximos de seus murais a fim de corrigi-los quando necessário;</p> <p>A maior parte dos estudantes prestava atenção à exposição da professora e nas imagens projetadas;</p> <p>Enquanto comenta a história, a professora pergunta se os estudantes estão conseguindo visualizar bem as imagens e eles afirmam que não. Preocupada, ela faz alguns ajustes no projetor para minimizar os problemas;</p> <p>A professora interrompe sua exposição sempre que os alunos levantam para corrigir as linhas do tempo de suas equipes. Ela lê os acontecimentos descritos nos slides para auxiliar os estudantes que estão fazendo essas modificações. Quando faz isso, os estudantes que não estão modificando as linhas do tempo se dispersam;</p> <p>A professora não contextualiza o surgimento dos grandes grupos de organismos quando cita estes acontecimentos durante a aula;</p> <p>Ao encerrar a primeira parte da história da Terra (o Pré-Cambriano), a professora se dirige aos murais com as linhas do tempo e auxilia os estudantes que estão em dúvida em relação às alterações;</p> <p>Logo antes de dar por encerrada a aula, a professora avisou aos estudantes que na aula seguinte a história da Terra vai continuar de onde a parou e os murais serão novamente fixados à parede para correção.</p>
AULA 8 Introdução à aula	<p>A professora pediu aos estudantes que verificassem nos murais de cada grupo se as linhas do tempo estavam como os grupos deixaram na aula anterior;</p> <p>A professora alertou que só receberia as atividades “Eu, Paleontólogo” e os TCLE (dos estudantes que não preencheram o documento corretamente) até o dia seguinte;</p> <p>A docente fez chamada e atendeu dúvidas dos estudantes, um a um, sobre a entrega de atividades, sobre o preenchimento dos TCLE e avaliações da unidade;</p>

Narrativa da História da Terra e discussão de episódios significativos (continuação)	<p>A docente projetou os slides no quadro e iniciou a exposição do conteúdo. A professora não apresentou a história da Terra no formato narrativo, mas sim como uma aula expositiva. Poucos estudantes prestam atenção;</p> <p>A professora avisa à turma que durante a aula eles poderiam continuar a fazer alterações nas linhas do tempo que construíram caso sentissem necessidade. Com o alerta da professora, representantes de cada grupo se levantaram e foram aos respectivos murais a fim de alterarem as linhas do tempo quando necessário;</p> <p>Ao perceber que alguns estudantes estavam desatentos à narração, voltados para os murais com as linhas do tempo ou mexendo no celular, a professora alertou que apenas um representante de cada grupo poderia permanecer junto aos murais de linhas do tempo para realizarem as mudanças;</p> <p>Alguns estudantes chamam a atenção da professora para que ela explique o que são alguns organismos que aparecem nos slides;</p> <p>A professora se preocupou bastante em nomear os períodos que descrevia, mas não fazia as marcações temporais que definem os limites desses intervalos;</p> <p>Alguns alunos reclamaram com a professora que os colegas estavam fazendo muito barulho e por isso não conseguiam escutar a exposição da professora. Um dos estudantes diz a professora que não está entendendo nada, uma colega concorda. A professora não responde e continua a aula;</p> <p>Na metade da aula, apenas os estudantes que fazem alterações nas linhas do tempo estão de fato atentos à exposição da professora;</p> <p>Uma estudante questionou se este assunto cairia na avaliação da 4ª Unidade, a professora afirmou que sim, já que o conteúdo era parte desta unidade didática e algumas questões referentes às aulas desta sequência didática fariam parte da 4ª prova. Alguns alunos se espantaram e reclamaram. O estudante que alegou anteriormente não estar entendendo a aula disse, chateado, que, nesse caso, a professora deveria dar novamente todas aulas. A professora não respondeu e continuou a exposição;</p> <p>Um estudante que está modificando a linha do tempo do grupo pede que a professora volte um slide para que ele possa verificar uma informação antes de alterar seu mural. A professora acata. Em seguida, este mesmo estudante disse que o “Mesozoico” não estava representado na linha do tempo, portanto, não sabia onde reposicionar uma de suas cartas no mural do grupo. A professora foi conferir a linha do tempo da equipe e não soube como orientar o aluno. Novamente, ele questiona que a professora já falou que quatro extinções em massa ocorreram, mas eles só têm duas cartas de extinção em massa para alocarem na linha do tempo;</p>
AULA 9 Narrativa da História da Terra e discussão de episódios significativos (continuação)	<p>A professora apresentou as hipóteses para justificar a extinção dos dinossauros no final do Mesozoico, mas não promoveu um debate ou discussão sobre essas ideias;</p> <p>A docente interrompe diversas vezes sua exposição para pedir silêncio à turma, que está muito dispersa;</p> <p>Devido ao pouco tempo de aula restante, a professora começou a falar mais rápido, avançando depressa com história da Terra, sem explorar temas que despertaram a atenção de alguns estudantes, como as “eras do gelo” e a evolução do homem. Um dos alunos perguntou se uma das imagens apresentadas no slide sobre evolução do homem é de “Lucy”;</p> <p>A professora encerrou a narração da história da Terra após apresentar a evolução do homem;</p> <p>Para finalizar, a professora entregou uma atividade de reconto da História da Terra aos estudantes e solicitou que fizessem em casa e entregassem na aula seguinte, destacando que a tarefa valia ponto.</p>

No Quadro 4 destacamos as características substantivas e procedimentais que orientaram o desenvolvimento de cada aula da SD que foi aplicada, nossas expectativas pedagógicas relacionadas aos objetivos de ensino destas, as ações que planejamos para atingir tais expectativas e as ações que foram efetivamente

realizadas nas aulas. A análise comparativa destes tópicos, junto à apreciação das informações obtidas no mapeamento das aulas e com o grupo focal com os estudantes, possibilitou a validação ou não dos princípios de *design*, conforme discutiremos a seguir.

Quadro 4 – Tabela para validação de princípios de *design* para abordagem de Tempo Geológico associados à SD aplicada na turma 1º A (Vespertino) do CEAB em setembro e outubro/2016.

	Característica	Expectativas pedagógicas	Ações planejadas	Ações efetivamente realizadas
AULIA 1	Substantiva: Estimular o debate sobre a idade da Terra	Colocar a questão da idade da Terra como um “problema” a ser resolvido para incentivar os estudantes a acompanharem a discussão, possibilitando o surgimento de perguntas importantes e a exposição de concepções prévias; Introduzir e estabelecer relações entre os assuntos a serem abordados na SD; Promover uma discussão coletiva sobre hipóteses e procedimentos ao longo da história humana para definição da idade do planeta;	Introdução à SD, contextualização e apresentação da questão central; Discussão dialógica sobre hipóteses e procedimentos para constatação da idade da Terra;	Apresentação do tema, projeção e leitura das questões motivadoras;
	Procedimental: Discussão coletiva direcionada por perguntas motivadoras	Estimular a participação dos estudantes no debate; Direcionar o debate para questões importantes a serem discutidas; Valorizar a contribuição dos estudantes no desenvolvimento da aula.	Projeção e leitura de questões motivadoras para nortear discussões coletivas.	Projeção e leitura de questões motivadoras para induzir a participação dos estudantes.
AULIA 2	Substantiva: Realizar a abordagem de conhecimentos básicos de Geologia	Promover a compreensão de conhecimentos básicos de Geologia; Promover o entendimento de que a superfície terrestre está em constante transformação; Promover a percepção de que rochas podem conter informações sobre o passado do planeta;	Aula expositiva dialogada: composição, diagênese, tipos, e deformações de rochas; Apresentação e discussão coletiva do Ciclo das Rochas;	Aula expositiva: composição, diagênese, tipos, e deformações de rochas; Apresentação do Ciclo das Rochas; Realização de perguntas sobre o conteúdo na conclusão da aula;

	Procedimental: Aula expositiva dialogada com auxílio de esquemas e imagens e uso de fotografias e kit didático de rochas	Engajar os estudantes em discussões importantes sobre o conteúdo; Facilitar a percepção das características distintivas das rochas através da observação do kit didático.	Exposição dialógica dos esquemas, imagens e fotografias de suporte à aula; Emprego do kit didático de rochas ao realizar a caracterização das rochas, entregando as peças para que os estudantes observem e manuseiem livremente.	Apresentação dos esquemas, imagens e fotografias como suporte à aula; Utilização do kit didático de rochas após a aula expositiva; Utilização do kit didático de rochas em atividade investigativa em grupos.
AUIIA 3	Substantiva: Realizar a abordagem de conhecimentos básicos de Paleontologia	Promover a compreensão de conhecimentos básicos de Paleontologia; Promover o reconhecimento da importância do registro fóssil para revelar o passado do planeta;	Introdução à aula a partir de discussão e construção coletiva do conceito de fóssil; Aula expositiva dialogada: tipos de fóssil e fossildiagênese;	Apresentação do conceito de fóssil; Aula expositiva: tipos de fóssil e fossildiagênese;
	Procedimental: Aula expositiva dialogada com auxílio de esquemas, imagens, fotografias e réplicas de fósseis e aplicação de estudos de caso e atividades investigativas que promovam reflexão e discussão coletiva sobre a utilização de fósseis para explicar e reconstruir acontecimentos pretéritos.	Promover o entendimento de métodos de trabalho do paleontólogo e o processo de investigação científica da Paleontologia; Promover discussões em grupos sobre os conteúdos apresentados; Promover o reconhecimento da importância da Paleontologia na reconstrução da história da Terra.	Exposição dialógica dos esquemas, imagens e fotografias de suporte à aula; Introdução à atividade investigativa em grupo “O Mistério de Lyuba” com a apresentação do caso e fornecimento dos dados; Discussão das hipóteses apresentadas pelos estudantes durante a atividade “O Mistério de Lyuba”; Apresentação da atividade investigativa individual “Eu, Paleontólogo” e entrega das réplicas de fósseis aos estudantes.	Exposição dos esquemas, imagens e fotografias como suporte à aula; Introdução à atividade investigativa em grupo “O Mistério de Lyuba” com a apresentação do caso e fornecimento dos dados; Apresentação da atividade investigativa individual “Eu, Paleontólogo” e entrega de réplicas aos estudantes.
AUIIA 4	Substantiva: Realizar a abordagem de conhecimentos sobre princípios básicos de Estratigrafia e Geocronologia	Promover a compreensão de princípios estratigráficos fundamentais relacionados ao estabelecimento de idades relativas; Proporcionar o entendimento do que significa datação relativa e datação absoluta; Favorecer a aceitação de um limite quantitativamente determinável para a idade da Terra; Favorecer a percepção dos métodos que sustentaram a elaboração de uma escala do tempo geológico;	Aula expositiva dialogada: princípios estratigráficos básicos, datação relativa, datação absoluta, Escala do Tempo Geológico.	Aula expositiva: princípios estratigráficos básicos, datação relativa, datação absoluta.

	Procedimental: Aula expositiva dialogada com exibição de imagens e esquemas	Engajar os estudantes em discussões importantes sobre o conteúdo.	Exposição dialógica dos esquemas, imagens e fotografias de suporte à aula.	Exposição dos esquemas, imagens e fotografias como suporte à aula.
AULA 5	Substantiva: Empregar estratégias que evidenciem uma imagem dinâmica, não estática, da Terra	Promover o reconhecimento das características únicas do planeta Terra e a compreensão de que estas singularidades permitiram o surgimento e diversidade da vida no planeta;	Aula expositiva dialogada: origem, composição e caracterização da Terra, Tectônica de Placas;	Aula expositiva: origem, composição e caracterização da Terra, Tectônica de Placas;
	Procedimental: Aula expositiva dialogada com exibição de esquemas, imagens e fotografias; discussão coletiva sobre casos recentes de atividades geológicas de grande impacto divulgados amplamente na mídia	Promover a compreensão dos processos internos e externos que regulam a dinâmica da Terra; Favorecer a percepção de que a Terra está em constante alteração ao longo do tempo; Promover a percepção de que transformações geológicas podem ocorrer em diferentes escalas temporais, observáveis pelo homem ou não; Engajar os estudantes em discussões importantes sobre o conteúdo.	Discussão coletiva, a partir de “recortes” jornalísticos sobre terremotos e tsunamis, sobre causas, consequências e temporalidade de eventos geológicos; Exposição dialógica dos esquemas, imagens e fotografias de suporte à aula.	Breve discussão, a partir de “recortes” jornalísticos sobre terremotos e tsunamis, sobre as causas desses eventos geológicos; Exposição dos esquemas, imagens e fotografias como suporte à aula.
AULA 6	Substantiva: Realizar o ensino com enfoque na representação espacial da Escala do Tempo Geológico	Favorecer a compreensão do percurso evolutivo da Terra ao longo do Tempo Geológico; Promover a familiarização com nomes dos principais períodos geológicos e distinguir os acontecimentos que limitam esses intervalos;	Discussões, em grupos, sobre localização temporal dos principais acontecimentos da história da Terra. Construção, em grupos, de linhas do tempo da história da Terra organizadas de acordo com os principais limites da Escala do Tempo Geológico. “Leitura” das linhas do tempo e discussão coletiva sobre as histórias construídas.	Discussões, em grupos, sobre localização temporal dos principais acontecimentos da história da Terra. Construção, em grupos, de linhas do tempo da história da Terra organizadas de acordo com os principais limites da Escala do Tempo Geológico.
	Procedimental: Construção em grupos de linhas do tempo da história da Terra baseada na Escala do Tempo Geológico	Facilitar a compreensão da história da Terra ao longo do tempo. Facilitar a compreensão da Escala do Tempo Geológico; Tornar mais concreta a noção de Tempo Geológico; Promover discussões coletivas sobre o delineamento da história da Terra ao longo do tempo.		
AULA 7 + 8	Substantiva: Realizar a narrativa da história da Terra	Facilitar a compreensão da história evolutiva da Terra como uma cadeia de acontecimentos únicos e	“Contaçõ de história” da história evolutiva da Terra; Ao longo da narrativa,	Aula expositiva sobre história da Terra; Caracterização dos principais intervalos

<p>Procedimental: Aula expositiva dialogada associada à narração da história da Terra no formato de “contação de história”, utilizando imagens como suporte narrativo.</p>	<p>integrados que ocorreram ao longo do tempo; Possibilitar a percepção das histórias da Terra e da vida integradas; Favorecer a consolidação da noção de tempo profundo, ou seja, a aceitação que a idade da Terra é significativamente maior que o registro histórico da humanidade; Engajar os estudantes em discussões importantes sobre a história da Terra;</p>	<p>caracterização dos principais intervalos temporais da história da Terra; Correção e discussão coletiva das linhas do tempo construídas anteriormente na medida em que a história é narrada;</p>	<p>temporais da história da Terra; Correção das linhas do tempo construídas anteriormente pelos grupos na medida em que a história foi contada;</p>
<p>Substantiva: Empregar narrativas históricas de eventos significativos da história da Terra</p>	<p>Promover a percepção do tempo decorrido ao longo de episódios evolutivos importantes da história da Terra; Permitir a percepção da relação entre Tempo Geológico e Evolução;</p>	<p>Discussão coletiva de episódios significativos da história da Terra: a conquista do ambiente terrestre pelas plantas; a conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados; as grandes extinções do fim do cretáceo (“extinção dos dinossauros”).</p>	<p>-</p>
<p>Procedimental: Aula expositiva dialogada e promoção de discussões coletivas estimuladas por material audiovisual</p>	<p>Engajar os estudantes em discussões importantes sobre processos evolutivos.</p>	<p>-</p>	<p>-</p>

Nossas inferências sobre a efetividade dos episódios de ensino, aplicabilidade da sequência didática em contexto escolar e sua atratividade para os estudantes sugerem ajustes relacionados tanto às características da intervenção (princípios de *design*) quanto ao processo de desenvolvimento da SD. Organizamos nossos resultados iniciais em duas categorias de discussão: implicações do/no processo de construção da intervenção e validação dos princípios de *design* e da sequência didática.

4.1. Implicações do/no processo de construção da intervenção

A apreciação dos resultados iniciais reafirma algumas decisões que tomamos e indica a necessidade de mudanças na condução da pesquisa para minimizar dificuldades nos próximos ciclos da investigação.

a) **insegurança da professora sugere importância de um trabalho efetivamente colaborativo.** No decorrer da aplicação da SD, em momentos variados, a professora busca instruções da pesquisadora-observadora sobre como proceder em situações inesperadas ou para justificar imprevistos que interferem no desenvolvimento da aula. A baixa autonomia pode ser justificada pelo pouco envolvimento da docente nos estágios iniciais do estudo (pesquisa preliminar e elaboração dos princípios de design iniciais e do esboço da sequência didática). A participação da professora deu-se em caráter de

cooperação (validação *a priori* e aplicação da SD, sujeito de pesquisa e mediação universidade-escola), quando o ideal seria inseri-la num trabalho colaborativo autêntico, caracterizado como um trabalho conjunto entre pessoas com interesses semelhantes, numa relação não hierárquica, para que sejam atingidos objetivos comuns que beneficiem a todos (BOAVIDA; PONTE, 2002). Esta perspectiva adequa-se melhor aos ditames da *Design Research*, onde pretende-se a participação ativa dos colaboradores da pesquisa nas várias etapas e atividades da investigação, aumentando não só as chances de o produto educacional ser aplicável e relevante no contexto educacional para o qual foi projetado, como também, contribuindo para o desenvolvimento profissional desses colaboradores (PLOMP, 2010).

b) é preciso considerar que os estudantes carregam conhecimentos prévios de Geociências, adquiridos por vias escolares ou não, e que, muitas vezes, são concepções equivocadas, por isso é fundamental um momento inicial da intervenção para explorar essas ideias a fim de ajustar o produto educacional para resolver possíveis erros conceituais. Os estudantes alegam terem obtido informações sobre Paleontologia pelos mais variados meios além da escola e museu: documentários, filmes, programas de televisão, rede social e jornal (Quadro 5). O estudante Nick, por exemplo, diz que sabe que dinossauros são “parentes” das galinhas porque obteve essa informação no programa de variedades “Mais Você”. De fato, muitos temas de Geociências despertam a curiosidade e são bastante explorados pelos veículos de comunicação, o que não significa necessariamente que a informação projetada é de qualidade. Cada vez mais, os profissionais da comunicação estão produzindo materiais usando Geociências para explorar o ambiente e os problemas ambientais e socioambientais, mas o estudante brasileiro não tem condições de compreendê-los adequadamente porque a escola não realiza uma abordagem adequada de Geociências (TOLEDO, 2005). O Quadro 6 apresenta trechos de falas dos estudantes que responderam às perguntas motivadoras da professora no primeiro momento da SD, cujo objetivo central era explorar as concepções prévias dos alunos, e revelam equívocos que podem dificultar a compreensão adequada de Tempo Geológico, pois são desentendimentos relacionados à forma como as idades de grande amplitude são determinadas. O estudante “Gustavo” apresenta constantemente a ideia de que um meteoro foi estudado para a determinação da idade da Terra; “Felipe” ajuda o colega e diz que as “pedras” foram utilizadas para este fim; por fim, mais pra frente, “Jadson” sugere o uso do Carbono 14, que imediatamente ganha popularidade, sendo esta ideia reforçada, inclusive, pela professora. O problema é que a datação através do Carbono 14 não é utilizada para determinação de grandes amplitudes de tempo, já que a meia-vida deste elemento é de pouco mais de 5.700 anos. A datação por Carbono 14 é uma técnica muito utilizada em Arqueologia e está presente em muitos textos de História, disciplina que abordou esse conteúdo anteriormente segundo os alunos. Assim, sabemos que os estudantes receberam alguma instrução sobre Geociências, mas não o compreenderam adequadamente. Como já havíamos previsto o levantamento de concepções prévias na primeira aula da SD, foi possível, por exemplo, mobilizar um investimento maior na explicação sobre datação absoluta e meia-vida na aula 4 da SD. A importância de se investir em princípios que permitam o levantamento, discussão e origem de concepções dos estudantes também é defendida em outras pesquisas de desenvolvimento (COSTA; COUTINHO; EL-HANI, 2015; SARMENTO et al., 2016).

Quadro 5 – [Trecho de transcrição] Grupo focal discutindo conhecimentos prévios sobre Paleontologia.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Conhecimentos prévios dos estudantes	As coisas que vocês já conheciam de Paleontologia, por exemplo, antes de ter aula de Paleontologia, vocês conheciam da onde?	ISABELA: A gente escuta por alto assim às vezes quando passa na televisão ou algum documentário sobre isso. JANAÍNA: No jornal... IVNA: Facebook. NICK: Ou até alguma série... ISABELA: A gente sabe na mente a gente sabe o que é, mas não sabe definir. [Maioria diz "Não"]
	Vocês já sabiam de Paleontologia... o que era Paleontologia?	
	Sobre fóssil?	MARIA: Fóssil sim. [Concordância do grupo]
	Foi na escola ou foi fora da escola?	ANA: Foi nos dois. NICK: Paleontologia a gente sabia sim. Aprofundar é diferente. A gente conhecia até a palavra sim, o quê que ela fazia, mas o termo, tipo, aprofundar não.
	E sobre os animais que existiam e hoje não existem mais, conheciam algum?	ISABELA: Mamute. Aquele tigre dente de sabre. IVNA: Mamute.
	Conheciam da onde?	NICK: Da "Era do Gelo". [Concordância geral do grupo] ISABELA: Dinossauros também todo mundo conhecia.
Críticas à SD em geral	... [A conversa toma um rumo diferente, uma aluna diz que sentiu falta de saber como os organismos surgiram, de entender a história de surgimento dos grupos.]	ISABELA: É como falam 'o ovo veio da galinha ou a galinha veio do ovo'? É tipo isso. ANA: É... tipo isso.
	Ah! (...) Que mais?	NICK: Quem veio primeiro foi o ovo. ISABELA: Então tá, ninguém sabe... E quem foi que botou o ovo? NICK: Foi o dinossauro, a galinha é parente do dinossauro. [Grupo ri] ISABELA: E o dinossauro surgiu da onde? Aaaaah.
	Onde você aprendeu isso? [Para Nick]	NICK: "Mais Você". [Grupo ri]

Quadro 6 – [Trecho de transcrição] Aula 1 (Debate sobre a idade da Terra).

Aula/Tema	Professora	Estudantes
Aula 1: Debate sobre a idade da Terra	Então hoje nós vamos estudar um pouquinho sobre o planeta Terra.	GUSTAVO: 6,3 milhões.
	Então... Qual a idade da Terra? Como sabemos a idade da Terra?	GUSTAVO: Através do meteoro.
	É... Quem nos diz quantos anos a Terra tem?... Alguém sabe?	GUSTAVO: É... Através do me-... Pode ser utilizado vários métodos.

Quais são esses métodos?	GUSTAVO: Eu não sei os nomes. Mas... É... Pode-se estudar aquele negócio preto que cai... FELIPE: Através das pedras! GUSTAVO: Oi? FELIPE: Através das pedras... GUSTAVO: É... Isso daí. Mas o nome não é pedra não, é meteoro, alguma coisa assim.
(...) O planeta Terra sempre foi assim? Como é que vocês imaginam que tenha sido? Então... Para responder essas questões, né, nós vamos ver conhecimentos relacionados a Geologia e Paleontologia. (...)	ESTUDANTE: Já foi terra. GUSTAVO: Teve o Big Bang...
(...) E como é que sabemos essa idade?	GUSTAVO: Através do meteoro que caiu na Terra há muitos anos atrás.
Através de quê?	GUSTAVO: Dos meteoros. JADSON: Através do teste do Carbono14
Através do...	JADSON: Teste do Carbono
Teste do Carbono, né? Vocês viram isso também na aula de História, né? Então através do Carbono... do Carbono o quê que vocês disseram aí?	GUSTAVO: Carbono 14!
(...) Vocês acham que o planeta Terra sempre foi assim, teve esse aspecto?	GUSTAVO: Era tudo junto no mar. Quer dizer... Segundo "Professor de História", era tudo junto e aconteceu o <i>Big Bang</i> e foi separando tudo.
(...) Como é que vocês imaginariam esse... Era uma bola de fogo e depois o quê?	MARCUS: Era uma bola de fogo... GUSTAVO: É... E foi se resfriando... GUSTAVO: Foi se resfriando de dentro pra fora. Ô! De fora pra dentro.

c) **falta de domínio do conteúdo pode estar relacionada a falhas na formação docente e ausência de prática no ensino de Geociências, sugerindo a importância de realização de atividade formativa para professores antes da aplicação da SD.** Equívocos conceituais presentes no discurso da professora sugerem falhas na apropriação dos conteúdos de Geociências durante a formação acadêmica ou na preparação para as aulas. Na primeira aula, a professora reforçou a sugestão de um estudante sobre o uso do Carbono 14 para dimensionar a idade da Terra e, na aula de Paleontologia, a docente deu a entender que a idade do registro (11.700 anos) é critério suficiente para determinar se este material é fóssil ou não, não trabalhando outros critérios (Quadro 7). A professora afirmou em entrevista que não teve tempo hábil para aprofundar o estudo dos assuntos trabalhados na SD e sentiu certa insegurança para trabalhar conteúdos de Geologia e Paleontologia em sala de aula (mesmo sendo mestre em Geologia), pois durante a licenciatura em Ciências Naturais só teve uma disciplina de Geociências, que não considerou expressiva para sua formação, e no bacharelado de Biologia teve apenas uma disciplina introdutória de Geologia e outra de Paleontologia. A conceituação de fóssil é um assunto controverso e definições diferentes e variadas são usuais, inclusive em livros

didáticos. Segundo Tomassi e Almeida (2011), a definição de fóssil deve ser menos restritiva possível, assim, deve incluir todas as variações de fósseis encontrados na natureza, contemplando a classificação biológica do ser que produziu o resto ou vestígio, as idades em que os fósseis se formaram, suas composições químicas (originais e alteradas) e a influência humana na conservação do material. Em nossa experiência, os equívocos conceituais foram marcantes e apareceram após as aulas no discurso dos estudantes durante o grupo focal, como pode ser observado no Quadro 8, portanto, para evitar ou minimizar a difusão de erros conceituais, pode ser necessário realizar um mini-curso sobre os conteúdos de Geociências a serem abordados durante a SD com os professores que irão aplicar a intervenção, afinal, os cursos de licenciatura não estão formando professores capazes de lidarem com temáticas de Geociências que tenham relação com suas áreas em suas aulas (GUIMARÃES, 2004)

Quadro 7 – [Trecho de transcrição] Aula 3 (Princípios básicos de Paleontologia).

Aula/Tema	Professora	Estudantes
Aula 3: Conceituação de fóssil	Então o que são fósseis? São restos ou vestígios de organismos que habitaram o planeta há mais de 11.700 anos. Antes do holoceno. Então esse primata aqui [refere-se à imagem no slide], ele tem 11.700 anos, então ele é considerado um fóssil. Esse outro representante aqui, um peixe, também tem mais de 11.700 anos, ele é considerado um fóssil. Essa aranha também, certo, porque o que é que acontece? Ele tem mais de...	ESTUDANTE: 11.700 anos.
	11.700 anos. Esse crânio humano é considerado fóssil?	ESTUDANTES: Não. ERIC: Porque ele não tem 11.700 anos.
	Ali, aquela estrutura, um coprólito, que são fezes, não é, é considerado fóssil?	ESTUDANTES: É.
	Certo. Porque tem o quê?	ERIC: Mais de 11.700 anos.
	Essa impressão de uma folha aqui é um fóssil?	ESTUDANTES: É.
	Certo. Porque também tem o quê?	ERIC: Mais de 11.700 anos!
	Essas pegadas aqui também. Esse sapo dessecado... ... Certo, ele não é considerado fóssil, certo... Ele é... Não tem 11.700 anos, tem 100 anos.	ERIC: O sapo tá assim até hoje, né? ERIC: O sapo fica ressecado? [A professora não escuta a pergunta]
	E essa múmia aí, certo, é considerado um fóssil?	ESTUDANTES: Não.
	Menos de 11.700 anos. ... E essas marcas de onda aqui?	ISABELA: Não.
	Por que? Por que não é considerado fóssil?	ISABELA: Sei lá... É porque não tem "tantos" anos.

	Menos de 11 mil e...	ISABELA: É.
Aula 3 Conhecimentos básicos de Paleontologia	(...) São chamados sambaquis, tem mais, tem entre 3 e 5 mil anos... Então nas comunidades que vivem assim, em locais... é... Na região de Ilha de Maré... O pessoal marisca, não é, e catam seus mariscos e vão levar pros locais próximos as cascas do bivalves.	ERIC: Professora, isso aí não é considerado fósseis não?
	Não, é um subfóssil. Se você for pra Ilha de Maré, próximo lá da localidade que o pessoal costuma catar o marisco, né, você vai perceber todas essas cascas lá e daqui a alguns anos, né, vai ser considerado fóssil. Depois de 11.700 anos, né?	ERIC: É.

Quadro 8 – [Trecho de transcrição] Grupo focal: apropriação de equívocos conceituais

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à Aula 3 (Conhecimentos básicos de Paleontologia)	(...) O que é que são fósseis? Esse é o conceito, a ideia, que vocês têm mais fechada? Alguém tem outra? Alguém tem mais informações que podem ajudar a dizer o que são fósseis (pelas aulas)?	ISABELA: Vestígios... IVNA: Vestígios ou restos de... ISABELA: Animais... até de folhas, né? NICK: Plantas... ISABELA: E plantas e tudo. NICK: Eu não sei assim definir, mas tipo, acho que é o Carbono 14... IGOR: É... o Carbono 14. Aí é pra descobrir a idade do fóssil. NICK: Pra descobrir a idade também... Datação com Carbono 14. ISABELA: (...) Quanto mais velho, sei lá, mais antigo, eram... OLGA: É fóssil a partir de mil e alguma coisa... ISABELA: Mil... IVNA: Onze mil... ISABELA: Onze mil e alguma coisa. NICK: De “tantos” anos.
	RC: Aí é fóssil a partir...	

d) é necessária atenção à forma como a inovação educacional é introduzida no planejamento curricular, a intervenção precisa estar atrelada ao tema da unidade didática e essa conexão precisa estar clara para os estudantes. Ainda que tenhamos dispensado atenção à adequação da sequência didática à unidade curricular em que foi aplicada, por isso optamos por aguardar o início da UD sobre origem e evolução da vida no 1º ano, na perspectiva dos estudantes, o início das atividades ocorreu de maneira brusca, artificial, e eles não perceberam conexão entre as aulas da SD e as aulas anteriores à UD. Para contornar essa situação, é fundamental que o(a) professor(a) que irá aplicar a ferramenta explicitamente, no início da intervenção, os assuntos que serão trabalhados e como eles se relacionam com os demais que já foram ou serão abordados na unidade

didática de aplicação. É preciso considerar também que alguns temas de Geociências já foram apresentados em outras disciplinas (principalmente História e Geografia) e os estudantes podem sentir certo incômodo em ver tais conteúdos nas aulas de Biologia. Portanto, é prudente assumir que os alunos podem não perceber naturalmente a relação entre Geociências e Biologia, a exemplo do que foi relatado na transcrição do Quadro 9, onde “Igor” acredita que o assunto anterior (que ele chamou de “Células”) não tinha ligação com as aulas que compõem a SD, quando, na verdade, havia relação, pois a professora tinha trabalhado a origem da vida e discutido o surgimento das primeiras células a fim de prepara-los para a introdução da história evolutiva da vida na Terra.

Quadro 9 – [Trecho de transcrição] Grupo focal discutindo sobre o primeiro dia de aplicação da SD.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à SD em geral	O que é que vocês acharam desse conjunto de aulas? Dessa sequência didática que a gente fez. Tentem lembrar aí desde o primeiro dia até o último dia. O que vocês acharam?	IGOR: No começo foi estranho, né? ISABELA: Chato! [Ruídos de concordância do grupo]
	Por que é que foi estranho?	IGOR: Porque o assunto não era bem de Biologia. A gente dava esse assunto em História e foi super confuso assim, mas... [Ruídos de concordância do grupo] [Citam História e Geografia]
	Vocês todos já tinham visto alguma coisa sobre esse assunto? (...) História e Geografia?	ANA: Do nada começou esse assunto!
	Aí na aula de Biologia vocês se sentiram...	IGOR: Células. [Concordância do grupo]
	Qual era o tema que vocês estavam dando antes desse? (...) Em Biologia.	ISABELA: Na quinta série. [Concordância do grupo] NICK:(...) O professor deu essa aula no primeiro bimestre... em História. ISABELA: Foi! Da Pangeia assim... [Concordância do grupo]
	E a última vez que vocês viram sobre esse tema?	ISABELA: Foi chato... No primeiro dia ficou todo mundo assim... Não queria fazer a aula, a professora perguntava e todo mundo ficava calado. ANA: Ninguém entendia... ISABELA: É, ninguém tava entendendo nada, não falava nada.
	“Isabela” tinha falado que foi chato. Por que foi chato?	ISABELA: Porque... sei lá... ninguém tava absorvendo o assunto. NICK: O assunto era diferente. (...) ISABELA: E também lá atrás ninguém fazia silêncio.
	Por que é que vocês acham que ninguém falava nada?	[Concordância do grupo]
	Ninguém entendia?	[Concordância do grupo]

e) número alto de princípios de *design* dificultou o empenho da professora em atingir expectativas pedagógicas, questão que prejudicou a etapa de validação. Um problema que não previmos até a aplicação da intervenção, e que interferiu diretamente na validação dos princípios de *design* iniciais, foi a dificuldade da professora em se dedicar ao cumprimento de todas as

características da sequência didática. O impacto disto foi que, das nove diretrizes que orientaram a elaboração desta intervenção, uma diretriz não pôde ser validada porque a SD excedeu as 8 horas-aula previstas e a aula correspondente às características em questão foi cortada; e três não puderam ser validadas porque a docente, inconscientemente, em resposta às condições predominantes na sala de aula (barulho externo, equipamento audiovisual defeituoso, falta de atenção dos estudantes), modificou a aula, desviando das características projetadas. Diante deste resultado, priorizando a sistematização e rigor do estudo, sugerimos um número discreto de princípios de *design* a serem investigados – coerente com a fase em que a pesquisa se encontra, o número e natureza dos instrumentos de coleta de dados e de pesquisadores envolvidos na análise dos resultados, prevendo-se o esforço empregado pelo professor que vai aplicar o produto educacional para cumprir as características propostas, ainda que o produto educacional incorpore características inovadoras construídas pela equipe de pesquisa.

4.2. Validação dos princípios de *design* e avaliação da sequência didática

Discutimos a corroboração ou refutação das características orientadoras deste primeiro protótipo da sequência didática e, quando admissível, indicamos ajustes oportunos.

O princípio 2 (“Realizar uma abordagem da história da Geologia com foco na construção da noção de Tempo Geológico através de aula expositiva dialogada sobre a consolidação da Geologia como ciência e o surgimento da noção de Tempo Geológico”) e o princípio 10 (“Enfoque mais abrangente da noção de Tempo Geológico: dimensões econômica, política e cultural, através de leitura e discussão em grupos de textos de divulgação científica”) não puderam ser validados porque as aulas correspondentes a estas diretrizes não aconteceram. Neste primeiro protótipo da SD não foi incluída a abordagem histórica da Geologia, visto que a professora que aplicou a intervenção não teria tempo para apropriação dos conhecimentos necessários. Já a última aula da SD, orientada pelo princípio 10, não ocorreu por falta de tempo, pois as aulas anteriores tiveram duração maior que o previsto, excedendo o prazo definido para o desenvolvimento da intervenção.

O princípio 8 (“Realizar a narrativa da história da Terra através de aula expositiva dialogada associada à narração da história da Terra no formato de ‘contação de história’, utilizando imagens como suporte narrativo”) e o princípio 9 (“Empregar narrativas históricas de eventos significativos da história da Terra através de aula expositiva dialogada e promoção de discussões coletivas estimuladas por questões orientadoras e material audiovisual”) também não puderam ser validados. Nestes casos, a professora desviou completamente das ações planejadas (ver Quadro 4 – Aula 7 + 8 + 9), descaracterizando as aulas e tornando impraticável a análise. A narrativa da história da Terra no formato “contação de história” (associada ao princípio 8) e a discussão de episódios evolutivos significativos dessa história através de narrativas históricas (associada ao princípio 9) não aconteceram porque a professora adotou o formato de aula expositiva não-dialógica, não o formato narrativo que foi planejado. Esta aula expositiva sobre a história da Terra não deu conta de apresentar a história evolutiva do planeta como uma cadeia de acontecimentos únicos e integrados

que ocorreram ao longo do tempo, nem permitiu a percepção da relação entre Tempo Geológico e Evolução, já que os alunos que participaram do grupo focal alegaram não terem entendido como os grandes grupos de organismos surgiram e quais as relações evolutivas entre eles dentro do contexto maior, que é a história evolutiva da Terra (Quadro 10). Apesar disso, os estudantes avaliaram positivamente estas aulas, algo que pode ser justificado tanto porque as mesmas davam continuidade à atividade prática da aula anterior (construção de linhas do tempo), possibilitando o protagonismo dos estudantes, que poderiam modificar suas linhas do tempo no decorrer da aula expositiva, estimulando-os a estarem atentos à fala da professora, quanto porque o tema da aula, história da Terra, é atrativo e uma novidade em aulas de Biologia.

Quadro 10 – [Trecho de transcrição] Grupo focal discutindo aulas 7, 8 e 9 (História da Terra).

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à SD em geral	Sim... Dessa atividade, o que acontecia... vocês construíam a linha do tempo antes de mais nada e aí PROFESSORA começava as aulas sobre a história da Terra. Então ela começou o início da história da Terra aí ela parava e falava “vocês podem consertar agora se vocês acham que deve”. O que é que vocês acharam dessa dinâmica?	OLGA: Eu achei bom. É porque a gente teve mais conhecimento das coisas.
	Mas vocês mudavam pelo que vocês prestavam atenção na aula ou...	ISABELA: Prestavam atenção.
	Ou será porque, enfim, vocês ficavam no slide e já anotavam “isso aqui, isso aqui”. Tavam prestando atenção ou tavam mais na intenção de “vou mudar minha atividade para tirar dez!”?	IVNA: Eu mesmo nessa atividade quando ela tava consertando ela mandou uma pessoa só do grupo ficar lá, por isso eu acho que a maioria das pessoas prestou atenção. ISABELA: Ela falou assim... No início foi criado... tipo não tava dizendo mesmo o que foi criado... Aí a gente chegou e deduziu e botou lá, assim, mudou, entendeu? (...) OLGA: Primeiro eu tava começando pelas respostas dos slides pra ver se tinha nas fotos. Aí depois, quando não tinha, eu tinha que ler tudo pra entender... ISABELA: Tinha que entender... Não tava tão na cara.
	Tá. Aí depois ela parava e a gente veio pra semana seguinte. Colocou de novo o material de vocês na parede e a gente continuou a aula pra vocês irem alterando... Continuou boa essa dinâmica ou vocês acham que a diferença de tempo alterou alguma coisa?	IGOR: Melhorou na verdade porque no começo já tinha um estranhamento, na segunda aula já abriu a mente assim... E a gente conseguiu... ISABELA: Todas as aulas que tiveram a prática, tipo essa, a das rochas e a da... das réplicas dos fósseis foram as melhores. IVNA: Eu aprendi mais. [Concordância do grupo.]
	(...) E sobre a história da Terra. Como é que vocês imaginavam a Terra no passado? Vamos dizer assim... Antes da gente ter essas aulas, como vocês	ISABELA: ‘Larva’, sei lá. IVNA: Lava. Só sei de lava. NICK: Pangeia... Somente continentes...

	imaginavam que era a Terra logo que ela se formou, a Terra primitiva.	
	E em relação à diversidade dos seres vivos que existiam desde que a Terra surgiu até os dias de hoje, vocês se dão conta da diversidade, do tanto de seres que já existiram...	ISABELA: Eu queria saber como esses organismos, sei lá, surgiram assim... Eu não... eu não lembro.
	Ah! Não lembra das aulas?	NICK: Eu sei que tinham bastante 'águas'... ISABELA: Como eles surgiram, tipo... Não era só 'larva' e depois foi esfriando... aí do nada surgiu um animal. Tipo isso.
	O que é que vocês sentiram falta então de conteúdo, de tema, dentro dessas aulas? Você já falou isso. Sentiu falta de como... o primeiro ser vivo? De como a vida surgiu? Ou como cada grupo foi surgindo?	ISABELA: Como tipo... Surgiu o mamute lá do nada. ANA: A Terra era 'larva', fogo, gelo, aí aparece um animal ali do nada. IGOR: É... quando resfriou apareceu do nada.
Críticas às aulas 7, 8 e 9 (História da Terra)	(...) Aí agora vamos falar só sobre a parte teórica. (...) que foram as aulas que foram dadas sobre a história da Terra desde o início até o final, o que é que vocês acharam dessas aulas? (...) Vocês conseguiram compreender a história da Terra desde o início até o final?	MARIA: Não... Mais ou menos... IGOR: No começo deu pra entender... Só que ao decorrer do tempo foi atrapalhando um pouco, até por conta mesmo do projetor que tava com algum problema... NICK: E, mais uma vez, tinha muito texto. A gente não conseguia assimilar, ela lia as vezes e acabava atrapalhando. OLGA: É... texto em cima de texto... NICK: Ela falava a palavra que queria explicar e aí começava a ler "isso, isso, isso e isso"...
	(...) De uma maneira geral agora sobre essa aula sobre a história da Terra, o que que vocês acharam? Sentiram que aprenderam alguma coisa?	IGOR: Sim. OLGA: Sim. [Grupo consente] (...) IGOR: Apesar dos nomes ser meio estranho, né, dos períodos, mas consegui associar um pouco os períodos aos acontecidos.
	Mas e a idade de cada período?	IGOR: A idade não.
	Que forma a gente teria então pra que vocês assimilassem também a idade?	NICK: Se o nome... Se o nome da época tivesse associação com o... o negocinho, como é o nome? (...) Se ela tivesse explicado os nomes ou dito os nomes talvez daria pra gente associar mais fácil.
	Vocês lembram de nomes da...?	NICK: Jurássico. Triássico... IGOR: Mesozóico. NICK: Mesozóico. Tem a idade da pedra. Tem... ANA: ã? ã? OLGA: Não. NICK: Tem a idade da pedra sim. Não tem idade da pedra não? ANA: Não! NICK: Não? Foi mal. (...)

O princípio 1 ("Estimular o debate sobre a idade da Terra através de discussão coletiva direcionada por perguntas motivadoras") não foi corroborado

integralmente, pois não atendeu satisfatoriamente às nossa expectativas pedagógicas (ver Quadro 4 – Aula 1). Não foi estimulante a ponto de prender a atenção dos alunos e engajá-los numa discussão coletiva, e, conseqüentemente, não foi suficiente para introduzir e estabelecer conexões entre os assuntos a serem abordados na SD (causando estranheza nos estudantes, como pode ser verificado no Quadro 9); mas gerou discussões isoladas que levaram à exposição de concepções prévias. O uso de questões motivadoras não deu conta de estimular a participação dos estudantes e direcionar o debate para questões importantes a serem discutidas, assim, avaliamos que:

a) **perguntas motivadoras dirigidas pela professora não foram suficientes para engajar a turma em discussões e debates sobre a idade da Terra.** O estímulo ao debate através de perguntas motivadoras dirigidas pela professora levou poucos estudantes a exporem suas ideias. Assim, o que deveria ser um debate assumiu características de sabatina, e nem os alunos se esforçaram em desenvolver as respostas, nem a professora conseguiu ir além das perguntas orientadoras, como pode ser observado nos Quadros 11 e 12. Dada a importância da exposição de conhecimentos prévios dos alunos na fase inicial da SD, quando é mais fácil o ajuste das aulas subsequentes para adequarem-se às demandas de aprendizagem e para se estabelecer uma conexão entre os conteúdos a serem abordados durante a intervenção, sugerimos abandonar ou fazer uma alteração de nível procedimental no princípio 1, propondo a utilização de filme de ficção científica (com apelo de Geociências) como provocador do debate. A sugestão para uso de filmes foi aclamada pelos próprios estudantes no grupo focal (Quadro 13), podendo motivar os alunos a apresentarem suas concepções sem constrangimento. Para Piassi e Pietrecola (2009), os filmes de ficção científica são recursos importantes para o ensino de ciências porque colocam as ideias científicas sob a perspectiva das questões humanas a elas subjacentes e, mais especificamente, o discurso de filmes emulativos pode servir de base para a construção de atividades didáticas, estimulando a formulação de hipóteses para um problema apresentado, métodos, soluções e seus riscos e conseqüências, podendo provocar discussões interessantes em sala de aula.

Quadro 11 – [Trecho de transcrição] Aula 1 (Debate sobre a idade da Terra).

Aula/Tema	Professora	Estudantes
Aula 1 Discussão sobre a idade da Terra	(...) Então... O início aí pra quem chegou depois. Então aqui... Quem poderia me responder qual a idade da Terra? Três?	ESTUDANTE: 4 milhões. GUSTAVO: 6,4 milhões. GUSTAVO: Seis.
	Quem mais tem uma outra...? (...) "Nick"?!	["Nick" mania a cabeça em negativa]
	Não tem, assim, nenhuma ideia, nenhuma noção?	NICK: 6,8 bilhões.
	6,8? Quem mais aí, por favor? "Maria"? Não?	["Maria" mania a cabeça em negativa] MARCUS: 6,8 milhões.
	6,8? "Maurício"?	MAURÍCIO: 6,4 milhões.
	6,4?	MARCUS: É... Quem que acertou? ESTUDANTE: Ninguém!
	Ninguém. Estão se aproximando.	ISABELA: Tem quantos, professora?

Oi?	ISABELA: Tem quantos anos?
E aí?	GUSTAVO: 3 e meio? 3,6? 3,7? 3,8? 3,9? Quatro... [Turma ri] GUSTAVO: (...) 4,6? 4,7?
Oi? Peraê, né "Gustavo"! Quanto? [Para a turma]	IVNA: Ai, professora, ninguém sabe!
... E aí?	GUSTAVO: Já disse já um bocado.
Quanto você disse?	GUSTAVO: 3,6.
Tá próximo, mas não é.	ISABELA: Fala logo, professora!
Você! [Apontando para estudante no fundo da sala que respondeu baixo]	RICARDO: 4,5.
Aí! 4,5 – 4,6 bilhões de anos.	GUSTAVO: Ó aí, eu falei, véi!
Você falou 4,6, 4,5, 4,7...	

Quadro 12 – [Trecho de transcrição] Grupo focal discutindo a Aula 1 (Debate sobre a história da Terra).

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à Aula 1	Na primeira aula, no início, a professora fez algumas perguntas pra vocês sobre o que vocês imaginavam a respeito da história da Terra, do tempo geológico, vocês lembram disso? ...	ISABELA: A gente quase acertava.
	Ela fez algumas perguntas, por exemplo, 'qual a idade da Terra?', lembram que ela perguntou isso?	
	Perguntou como é que a gente sabe a idade da Terra, essas coisas. Foi bem curtinho.	ISABELA: Se eu não me engano, é do tempo das rochas, né? Estudando as rochas.
	É também. Vamos lá.	[Ninguém fala, alegam não lembrar]
	E aí, sobre esse momento inicial que ela perguntou pra vocês o que vocês sabiam sobre determinadas coisas, o que vocês acharam? Vocês lembram? Se não lembram tá tudo bem, a gente não fala o que não lembra.	
Lembra que falou sobre a idade da Terra, né? E vocês falaram o que?	ANA: A gente foi chutando... ISABELA: Foi chutando. ANA: Tipo... Três mil e pouco, aí foi subindo... NICK: Acho que foi Carlos que chegou perto... IGOR: João chegou perto.	
Vocês nunca tinham lido a respeito ou se perguntado qual a idade da Terra?	ISABELA: Já. IVNA: No museu geológico falou sobre isso. Eu não lembrava. ISABELA: A gente sabia que era quatro e alguma coisa...	

Quadro 13 – [Trecho de transcrição] Grupo focal apresentando sugestões para tornar as aulas mais atrativas.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à SD em geral	Já que estamos falando tanto, falamos de filmes em alguns momentos... Vocês acham que daria pra inserir os filmes que vocês falaram, “Era do Gelo”, “Parque dos Dinossauros”, dentro desse conteúdo?	[Grupo gesticula afirmativamente] IGOR: Até nas aulas mesmo, se vocês encontrarem algum filme assim que envolva a história da Terra, pode ser mais interessante porque os alunos vão ficar mais ligados ao assunto. NICK: Se eles tiverem assistido também já... IGOR: E depois vem a explicação... NICK: E poder associar...

Em complementação ao que já discutimos no subitem “e” sobre implicações do/no processo de construção da intervenção, também identificamos, durante a validação *a posteriori*, que os princípios de *design* 3, 4, 5 e 6 têm limitações na forma como estão estruturados, pois as ênfases substantivas são muito subjetivas e fazem referência direta aos conteúdos a serem trabalhados nas aulas, não especificando claramente “o que fazer” de fato, ou seja, o tipo de abordagem a ser realizada. Por exemplo, não foi possível validar a característica substantiva “abordagem de princípios básicos de Geologia”, já que não temos como saber, com as nossas ferramentas, se as expectativas pedagógicas para a aula orientada por esta diretriz foram (ou não) atendidas porque: (i) os conteúdos (estes princípios básicos de Geologia) são inadequados/insuficientes ou (ii) porque a abordagem desses conteúdos não é fundamental ou não foi realizada adequadamente. Nesse sentido, nossos esforços foram desviados no sentido de validar as características procedimentais associadas a eles, já que estas sim são possíveis sustentar ou não a partir da análise das informações que obtivemos.

Os procedimentos relativos ao princípio 3 (aula expositiva dialogada e uso de kit didático de rochas em atividade investigativa) foram parcialmente validados, pois as expectativas pedagógicas associadas a estas características procedimentais (ver Quadro 4 – Aula 2) foram parcialmente atingidas. A aula expositiva dialogada não foi suficiente para engajar os estudantes em discussões importantes sobre o conteúdo, entretanto, o uso do kit didático de rochas numa atividade investigativa em grupos - procedimento que não estava planejado e foi uma decisão criativa da professora para manter a atenção dos alunos na aula, atendeu a esta perspectiva.

Igualmente, os procedimentos relativos ao princípio 4 (aula expositiva dialogada e aplicação de estudo de caso e atividade investigativa) também foram parcialmente validados, pois não atenderam integralmente às expectativas pedagógicas associadas (ver Quadro 4 – Aula 3). As características favoreceram a compreensão de conhecimentos básicos de Paleontologia e o reconhecimento de fósseis como registros do passado da Terra, embora os estudantes tenham assimilado alguns equívocos que foram reforçados pela professora (Quadro 8). Entretanto, não foram suficientes para promover o reconhecimento da importância do registro fóssil para revelar o passado do planeta, já que, no grupo

focal, os estudantes apresentaram uma concepção de fóssil muito limitada – a de que servem apenas como marca da existência de determinado organismo, e não conseguiram esclarecer como esses registros podem ser usados para explicar eventos pretéritos (Quadro 14). Especificamente, a utilização do estudo do caso Lyuba e da atividade investigativa “Eu, Paleontólogo”, da foram como foram aplicadas, não foram suficientes para promover entendimento sobre os métodos de trabalho do paleontólogo e sobre o processo de investigação científica da Paleontologia, embora tenham tido sucesso em promover discussões e reflexões sobre o assunto, sendo avaliadas positivamente pelos estudantes. Inclusive, a atividade investigativa “Eu, Paleontólogo” engajou os estudantes em pesquisas fora da escola e, indiretamente, envolveu amigos e familiares dos alunos, que foram consultados na busca por informações para resolver a tarefa (Quadro 15), dado que encaramos com otimismo, pois indica que as atividades investigativas têm grande atratividade e podem atender nossas expectativas pedagógicas nos próximos ciclos da investigação. Dessa forma, entendemos que:

b) atividades investigativas exercem grande atratividade e engajaram os estudantes em discussões e pesquisas sobre o conteúdo. O sucesso das atividades investigativas no envolvimento dos estudantes em discussões produtivas em grupos, motivando-os também a debaterem o assunto e buscarem informações fora da escola, ainda que nem todas as expectativas pedagógicas associadas a esta característica tenham sido atendidas, sugere a permanência desta característica no próximo protótipo da SD.

Quadro 14 – [Trecho de transcrição] Grupo focal discutindo função e importância dos fósseis.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à Aula 3 (Conhecimentos básicos de Paleontologia)	(...) Tá. Vamos passar agora para princípios básicos de Paleontologia, que foi nossa... é... segundo dia de aula. (...) Enfim, sobre essa parte teórica o que é que vocês acharam? Foi difícil compreender o que é Paleontologia, o que é essa ciência, o que são fósseis, para quê que os fósseis servem? Para quê que os fósseis servem?	IGOR: Acho que fósseis não porque a gente já tinha uma ideia. IVNA: Pra... saber a idade da Terra. ANA: Não... ISABELA: Não. Aí é as rochas. NICK: Nem sempre.
	Não o quê? Não sempre? E aí?	NICK: Eu falei “nem sempre”.
	Nem sempre...	ISABELA: Serve só pra pessoa olhar e dizer “Nossa! Isso aí antigamente tinha!”... (Risos)
	É uma peça de museu só?	ISABELA: É. NICK: É um registro. ISABELA: É... é um registro. NICK: De animais, plantas... É um registro de que viveram antigamente, habitavam a Terra.
	Qual a importância desse registro?	ISABELA: Aprender mais. NICK: Aprender mais... É... tipo a pergunta dela, da galinha e do dinossauro... IGOR: É o estudo da vida... Precisa saber... NICK: É... Foi tipo, quem saberia que a

	galinha veio dos dinossauros? Não sabia. Se descobriu a partir de um fóssil.
	ANA: Isso ainda tá na minha cabeça.
	ISABELA: Foi mesmo? Sério?
	NICK: Foi! Foi o dinossauro. Tanto que recriaram o DNA do dinossauro pra evoluir pra galinha de novo.
Como é essa história?	NICK: Tão recriando o DNA de dinossauro de um ovo de uma galinha.
Dentro de um ovo de uma galinha?	NICK: Não... Tão recriando o DNA do dinossauro que originou a galinha!
Ah! Agora entendi o que você quer dizer...	NICK: Pra o dinossauro voltar a ser uma galinha de novo. (...)
(...) E lembrando agora sobre as atividades práticas que a gente teve... Essa aula... Lembra que PROFESSORA contou a história do mamute Lyuba? Aí ela contou metade da história e pediu mais uma vez que vocês discutissem pra tentar dizer como ela morreu, por que ela morreu... Lembram dessa atividade? Essa vocês fizeram na sala. E aí, o que é que vocês acharam?	IGOR: No começo foi estranho, eu pensei que ela tivesse sido atropelada. (Risos) Aí depois eu peguei, oxe, carro, não tinha carro! (Risos) ISABELA: Eu achei que tivesse sido congelada. IVNA: É, eu também, morreu congelada. ISABELA: Aí a areia caiu por cima e ela ficou lá congelada. NICK: Mas foi um congelamento... Um tipo que pra ela congelar tem que ser... vai acontecer um fóssil que... eu não sei explicar direito.
Mas vocês acharam o quê de fazer essa atividade?	IVNA: Eu achei interessante. ANA: Foi legal. ISABELA: Mais ou menos.
Foi interessante. Foi legal. Foi mais ou menos. Por quê?	ISABELA: Foi interessante saber o que ocorreu. Mas aí depois, sei lá, parece que brincaram. (...)
Foi interessante para vocês se colocarem no lugar do paleontólogo? (...) Vocês acham que essas atividades conseguiram cumprir esse objetivo?	IVNA: Sim, porque procurar saber o que era o fóssil... a gente foi atrás, né, das informações. (...)
Aí teve a atividade que vocês já falaram, que foi da réplica dos fósseis. Foi difícil a leitura daquelas réplicas, vocês olharem o material e...	NICK: Oxe! Eu, particularmente, achei. [Grupo concorda]
E o texto mesmo, o que vem com as perguntas, “faça isso”, “faça aquilo”, foi compreensível?	MARIA: Foi. IGOR: Foi compreensível. [Grupo consente] NICK: Bem direto.

Quadro 15 – [Trecho de transcrição] Grupo focal discutindo a atividade investigativa “Eu, Paleontólogo!”.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à SD em geral		IGOR: Eu gostei muito daquela atividade também que era pra procurar qual era o fóssil! [Concordância do grupo] IGOR: Me matei em casa pesquisando aquela atividade. Foi muito boa! JANAÍNA: Até hoje eu não sei qual era o meu! (Risos) (...)

Sim... Me digam aí como é que foi fazer essa atividade. O que é que vocês gostaram? Vocês gostam então de levar atividade pra pesquisar em casa?	ISABELA: Essa foi interessante! Eu pesquisei na internet. Eu falei “pai, o que é isso aqui?”. Aí ele: “Parece o osso da bacia.”. Aí eu: “É verdade...” porque não parecia com bicho nenhum.
Você acertou a sua? Era o osso da bacia mesmo?	ISABELA: Aham.
(...) Quais as dificuldades pra realizar essa atividade?	ISABELA: É que todo mundo pensou que era de animal mesmo normal. Mas alguns era parte de alguma coisa. IGOR: Eu me senti um investigador! (Risos)
(...) Você fez essa atividade? [Pergunta direta a MARIA, que estava calada por muito tempo]	MARIA: Sim.
E aí?	MARIA: Era um peixe também.
Foi fácil pra você então?	MARIA: Foi, é, eu perguntei assim... eu pensei que fosse um filé de frango, né. (Risos). (...) Aí eu pensei... eu perguntei a minha mãe e minha mãe falou “nossa, parece um peixe!”.
Vocês buscaram os pais pra responder?	ISABELA: Também. MARIA: Foi... [Concordância do grupo]

A característica procedimental do princípio 5 (*aula expositiva dialogada*) não foi corroborada. As tentativas da professora de realizar uma abordagem dialógica do conteúdo não deram resultado. Nesta aula, em especial, os alunos estavam particularmente dispersos, envolvidos na realização de uma tarefa de outra disciplina, e o procedimento não foi capaz de atrair os estudantes para discussões importantes sobre o conteúdo. Ainda, não foi possível verificar se as expectativas pedagógicas (ver Quadro 4 – Aula 4) foram alcançadas porque os estudantes, durante o grupo focal, sequer lembravam desta aula ter ocorrido (Quadro 16).

Quadro 16 – [Trecho de transcrição] Grupo focal comentando a Aula 4.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à Aula 4 (Princípios básicos de Estratigrafia)	Vamos pra aula quatro agora. Foi sobre princípios básicos de estratigrafia.	MARIA: Não lembro... NICK: O que tinha nessa aula só pra...
	Tá, eu vou explicar o que é que teve nessa aula (...).	IVNA: Eu não lembro de quase nada.
	Não lembra de quase nada por que?	ANA: Eu sei que teve a aula, mas eu não sei mais... NICK: Todos os assuntos que teve uma aula prática alguém absorveu alguma coisa. Esse não teve uma aula prática, a gente não absorveu nada.
	É... Eu tô percebendo isso também... Esse foi mais teórico...	IGOR: Só teve teórico, não? Acho que só teve teórico, tanto que a gente nem lembrou. ISABELA: Eu lembro que ela passou o slide, aí no final ela falou “alguma pergunta?”, aí todo mundo... IGOR: É... “Dúvidas?” (Risos)
Depois ela falou sobre a escala do tempo geológico...	JANAÍNA: Também não lembro. ISABELA: É aquele tempo... Mesozoico, sei	

	lá.
É... Ela falou a escala como um todo, inclui tudo isso. Essa aula então... vou perguntar porque é formalidade... aprenderam alguma coisa com essa aula?	[Grupo responde, unânime, que não] NICK: Mas também não pode ser questão da gente aprender somente com as aulas, também pode ser o assunto.
Isso! Por isso quero saber o porquê.	NICK: O assunto não chamou a atenção. Os assuntos que teve aula prática chamou nossa atenção. Como a linha do tempo, chamou minha atenção a linha do tempo, mas na aula teórica não tava chamando muito minha atenção.

O princípio 6 (“Empregar estratégias que evidenciem uma imagem dinâmica, não estática, da Terra através de aula expositiva dialogada com exibição de esquemas, imagens e fotografias e aplicação de atividades que promovam a percepção dos agentes causadores e os estágios de mudança geológica”) também não pôde ser validado. Diante da baixa participação dos estudantes, a professora não praticou as ações previstas para atingir os objetivos pedagógicos, realizando apenas a aula expositiva. Curiosamente, os alunos lembraram de conteúdos trabalhados na aula não por causa da intervenção aplicada, mas sim em razão de aulas prévias de Geografia (Quadro 17).

Quadro 17 – [Trecho de transcrição] Grupo focal comentando a Aula 5.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à Aula 5 (Dinâmica da Terra)	A aula 5 foi sobre a dinâmica da Terra... Repare... Ela falou sobre a origem da Terra e as características da Terra... Lembram dessa aula?	ISABELA: Quando se mexe o... como é o nome? Tipo terremoto...
	Ela discutiu como o planeta Terra surgiu, ela disse quais eram as características: o núcleo de Ferro (...). Falou sobre a tectônica de placas.	
	Lembram dessa aula agora? E aí o que é que acharam?	OLGA: Eu lembrei por causa da aula de Geografia.
	Lembraram por causa da aula de Geografia?	ANA: Sim. [Grupo consente]
	E não especificamente por causa dessa aula... Mas vocês conseguiram durante a aula dela lembrar da aula de Geografia?	ISABELA: Foi. IVNA: Foi.
Aprenderam o que com essa aula?	[Silêncio]	

A refutação de aulas expositivas, baseada tanto em termos de efetividade no alcance de expectativas pedagógicas quanto em atratividade para os estudantes, é um dado importante para reformulação dos princípios de *design*. A insegurança da professora sobre conteúdos específicos das aulas e o desinteresse dos estudantes em episódios de ensino que chamaram de “aulas teóricas” contribuíram para este fracasso, o que não significa que todas as aulas expositivas sejam deformativas ou devam ser evitadas. Em nosso caso pretendemos investir, para as próximas aplicações, na habilitação e segurança da professora em relação aos conteúdos e procedimentos, e manteremos aulas

expositivas no formato dialógico no segundo protótipo da SD, porém, incluindo também a realização de atividades “práticas” para engajar os estudantes. O grupo focal apontou que o baixo engajamento dos alunos ocorreu também em razão da insegurança dos estudantes em expor ideias e raciocínios para toda a turma e serem rechaçados pelos colegas. Os estudantes também alegaram que não “aprendiam” nas “aulas teóricas”, assim, não tinham dúvidas para tirar com a professora, ao contrário do que acontecia nas “aulas práticas” (Quadro 18).

Quadro 18 – [Trecho de transcrição] Grupo focal comentando a participação dos estudantes nas discussões em sala.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Engajamento dos alunos nas aulas	E em relação a participação de vocês como um todo. De falar, contribuir...? Não “conversinha”, mas de realmente tirar dúvida com a professora...?	OLGA: Dá vergonha da sala. IVNA: A gente tem vergonha porque as vezes a pergunta é besta e os alunos vão dar risada. OLGA: Ou senão quando ela pergunta alguma coisa, aí sabe, as vezes a gente sabe, mas fica com medo de falar e pode estar errado. IVNA: Pros outros não rir.
	Ah! Então o medo é mais dos colegas?	[Concordância]
	Mas em relação a essas aulas específicas tinham outros medos envolvidos? Porque essas aulas, quando a gente pensou, eram pra ser aulas discutidas mesmo. Era pra ser vocês falando, a professora respondendo... Porque eu imagino que vocês tenham muitas dúvidas sobre esse conteúdo...	ISABELA: É porque as que era teóricas a gente não aprendia mesmo, não absorvia pra poder perguntar.
Então as aulas práticas pra vocês também ajudam a...	ISABELA: Ajuda até a perguntar.	

c) **o engajamento dos estudantes nas aulas com viés participativo adverte o ajuste da sequência didática visando incluir mais atividades que coloquem os estudantes como protagonistas da construção do conhecimento.** As aulas com atividades investigativas e elaborativas tiveram mais sucesso em atrair os estudantes e atender expectativas relacionadas a engajamento. Os estudantes participaram mais dos episódios de ensino em que precisaram assumir o protagonismo, mesmo que em momentos específicos. A construção do conhecimento a partir de um processo coletivo e cooperativo de aprendizagem, promovendo a participação ativa dos estudantes nas aulas, é uma preocupação que já aparece em outros estudos de desenvolvimento de sequências didáticas baseadas em DR (GUIMARÃES et al., 2013; SARMENTO et al., 2016), sugerindo que esta perspectiva motiva os estudantes e pode favorecer a aprendizagem. De fato, durante o grupo focal, os participantes reiteravam que preferem aulas mais dinâmicas e sugeriram que a exposição de conteúdos poderia ser reduzida para dar lugar a “aulas práticas” (Quadro 19).

Quadro 19 – [Trecho de transcrição] Grupo focal comentando a participação dos estudantes em “aulas práticas”.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à SD em geral	Mas por que que ninguém entendia? Tem que ter um motivo.	ISABELA: Eu acho que todo mundo aqui só aprendeu depois que começou a falar, foi uma estratégia. A gente ficava falando, foi uma estratégia. ANA: Depois que começou os trabalhos práticos.
(...)	Vocês trouxeram críticas bem positivas. E as críticas negativas no geral? O que é que vocês lembram? O que vocês realmente não gostaram?	ISABELA: A zuada, algumas aulas chatas. OLGA: Algumas aulas ela falava demais. [Concordância do grupo] IGOR: Principalmente da teórica.
	Vocês lembram quais conteúdos foram esses? Quais foram as aulas?	ISABELA: E sem falar que o slide as vezes não dava pra ver direito, ficava apagado. IVNA: Aí tinha umas aulas que ela falava demais, demais, e eu não conseguia absorver nada porque a aula ficou chata e não dá, não dá vontade de assistir. ANA: E ela fala baixo. NICK: Dá falta de interesse. ANA: Ela fala assim sucessivamente muita coisa e a pessoa perde o interesse de assistir. IGOR: Falta o controle também sobre os alunos. ISABELA: A professora é boa, ela sabe explicar, só que ela fala baixo demais, ela não manda os alunos calar a boca. Se tá falando demais ela não bota pra fora.
(...)	Vamos pensar aí... Quê mais de conteúdo vocês sentiram falta, que vocês gostariam de ter visto e acham que tá adequado nessas aulas?	JANAÍNA: Acho que mais explicação dela. NICK: Explicação tinha demais! IGOR: Verdade. [Concordância do grupo] NICK: Mudar a forma da gente absorver esse conhecimento. As aulas práticas a gente absorveu, mas o resto que a gente não teve aula prática a gente ficou sem absorver... ANA: Na prova de agora se ela colocar esse assunto, eu vou tomar zero! OLGA: Se não fosse as aulas práticas, a prova ia ser tipo ‘o quê?’. ANA: Ia marcar ‘papai do céu’.

O princípio 7 (“Realizar o ensino com enfoque na representação espacial da Escala do Tempo Geológico através da construção em grupos de linhas do tempo da história da Terra baseada na Escala do Tempo Geológico”) foi parcialmente corroborado. A despeito do sucesso na promoção de discussões coletivas sobre a história da Terra e no auxílio à compreensão do percurso evolutivo do planeta ao longo do tempo geológico, sendo também muito bem avaliada pelos estudantes, não foi eficaz em atingir outras expectativas pedagógicas nesta primeira aplicação em contexto real de ensino, como favorecer a familiarização com nomes dos principais períodos geológicos e a compreensão da Escala do Tempo Geológico, como pode ser verificado no Quadro 20. A ineficiência da atividade no sentido de permitir a compreensão da Escala do Tempo Geológico pode estar

atrelada ao fracasso das aulas que pretendiam explicar os princípios e métodos que guiaram a elaboração desta escala. A reformulação das aulas anteriores e um investimento maior nesta característica, por exemplo, aumentando o número de linhas do tempo e grupos de cooperação, favorecendo assim uma maior participação dos estudantes na construção das linhas do tempo, pode tornar esta estratégia mais efetiva. O grupo focal também sinalizou algumas dificuldades relacionadas ao recurso didático utilizado, e os ajustes no sentido de torná-lo mais acessível aos estudantes, como substituir termos ou imagens das cartas de acontecimentos para tornar sua leitura mais intuitiva, precisam ser feitos. Portanto, concluímos que:

d) a construção coletiva de linhas do tempo da história da Terra, além de ser uma estratégia atrativa para os estudantes, é eficaz na promoção de discussões importantes sobre a história evolutiva do planeta e no engajamento dos estudantes nas aulas. Nesse caso, essa estratégia deve ser mantida no próximo protótipo da sequência didática, e princípio de *design* a ela relacionado passará por nova validação.

Quadro 20 – [Trecho de transcrição] Grupo focal comentando a atividade de construção de linhas do tempo da história da Terra (Aula 6).

Assunto	Mediadora	Estudantes
Críticas à SD em geral	Vocês tiveram dificuldade?	ISABELA: Uma parte legal foi quando botou aquele papel metro... E a gente foi colando a história da Terra. [Concordância do grupo] ANA: Mais ou menos. OLGA: Mais ou menos. NICK: Eu tive! (...) Extinção em massa! Não tinha muito pra colocar ali. E ela falou de quatro ou foi cinco e só tinha dois pra colocar ali.
	É porque vocês podiam escolher (...). Quando vocês começaram essa atividade vocês já sabiam o que tinham que fazer? (...) Quando vocês começaram a atividade já tinham noção do que iam fazer ou foram descobrindo?	ISABELA: Tinha noção já. NICK: A gente foi descobrindo.
	Faltou então uma explicação inicial(...)?	ISABELA: Foi. (...) Mas é legal assim quando a gente vai fazendo e descobrindo.
	Ah! Então dar uma explicação muito explicadinha no começo talvez não seja tão...	ISABELA: É... Se a gente faz tudo logo de cara depois não vai ter nem graça fazer. IVNA: Depois ela explica e a gente vai consertando. OLGA: Isso.
	As cartas dessa atividade... Vocês conseguiram entender todas as cartas?	ISABELA: Tinha uma que não. Quer era tipo um desenho meio preto e branco. IVNA: Era... porque tinha uma bola e tava...
	Ah! Era da era glacial, início da era glacial... glaciações! Tinha um desenho desse... Mas e as outras, gente? Surgimento de um determinado grupo...	NICK: Angiospermas, né?!
	Angiospermas. Enfim... Esses termos...	ANA: Estranhos.

	Científicos.	ISABELA: Tinha umas que parecia que era igual. Tinha um monte que era de árvores assim... parecia que era igual, sei lá. IGOR: Era um pântano. ISABELA: É... um pântano. E depois as algas...
	E os termos. Tetrápodes. Sabe o que são tetrápodes? Tinha uma carta que era “surgimento dos primeiros tetrápodes”.	... NICK: Quatro patas?
Críticas à Aula 6	(...) A aula 6 foi a aula sobre a escala do tempo geológico. Foi a aula que vocês começaram a construir a linha do tempo. Agora sim... Me falem mais sobre essa aula. (...) Gostaram?	OLGA: Sim. [Grupo consente]
	Essa foi uma aula essencialmente ‘faça você mesmo’. Esse primeiro momento vocês construíram...	IGOR: No começo que foi estranho, né? Porque a gente não sabia direito... ISABELA: Não sabia o que era pra fazer direito. IGOR: Como a parte do martelo ali, né? NICK: O martelo ali... eu não conseguia, eu não entendi aquele martelo ali não. IGOR: É. É um martelo e eu acho que um pedacinho de ferro. NICK: Oxidação... Liberação do óxido... Oxidação. Eu não lembro, não sei porque tava ali até hoje... IGOR: Porque no começo não era, era já no finalzinho. NICK: Eu coloquei no último, eu acho. IGOR: Ah não, era no começo, né? NICK: É! É bem no começo.
	É uma carta, o martelo?	IGOR: É. É um martelo e eu acho que um pedacinho de ferro. NICK: Oxidação... Liberação do óxido... Oxidação. Eu não lembro, não sei porque tava ali até hoje... IGOR: Porque no começo não era, era já no finalzinho. NICK: Eu coloquei no último, eu acho. IGOR: Ah não, era no começo, né? NICK: É! É bem no começo.
	Vocês lembram onde vocês colocaram o surgimento do homem?	ISABELA: No final. JANAÍNA: No último... NICK: Eu coloquei no início da última era. ISABELA: Antes dele a gente botou extinção... Tá certo, não?
	Depois dele vocês colocaram alguma coisa?	ISABELA: Extinção.
	Extinção depois do surgimento do homem?	ISABELA: Foi... Tá errado, né? (...)
	... Quais as maiores dificuldades de vocês em relação a colocar...	ISABELA: O meu foi o começo. Entre a explosão e quando o planeta esfriou. IGOR: As extinções também. NICK: Pra mim foi a extinção em massa. ANA: É meio estranho os nomes dos períodos... (...) ISABELA: A gente não entendeu os nomes, ficava tipo... IVNA: Ficava perdido.
	Mas nesse primeiro momento PROFESSORA ainda não tinha entrado com a aula sobre a história da Terra...	NICK: (...) Era pra ela ter explicado a origem dos nomes... Como ‘Paleontologia’. Paleontologia a gente pode “Paleonto” e “Logia”... E ela não... Ela podia ter explicado a origem desses nomes pra gente... Porque tinha nomes que dava pra você associar com o cartão. O dos dinossauros, que era o “Jurássico”, dava pra associar, entendeu?

E em relação ao período, à idade. Por exemplo, “Cambriano – 543 ‘tararan’ milhões de anos’...

ISABELA: Também não... Nada...
NICK: Faltou a definição daqueles nomes.

e) **visita a museus ou exposições é uma estratégia atrativa para apresentar e relacionar os assuntos a serem abordados na sequência didática.** Durante o grupo focal, os estudantes disseram ter visitado o Museu Geológico da Bahia em uma atividade extra-classe de outra disciplina e, por causa disso, alguns assuntos abordados na SD foram apreendidos com mais facilidade (Quadro 21). Sugerimos, portanto, que esta atividade em ambiente não-formal de ensino seja incluída no segundo protótipo da sequência didática, antes da intervenção em sala de aula, com o intuito de motivar os estudantes, gerando interesse nos conteúdos e promovendo a participação nas aulas.

Quadro 21 – [Trecho de transcrição] Grupo focal comentando a importância da visita ao Museu Geológico da Bahia para a compreensão da aula de Geologia (Aula 2).

Assunto	Mediadora	Estudantes
Criticas à SD em geral	(...) Por que vocês acham que tiveram essa facilidade mais com as rochas?	ANA: A gente também já tinha visto umas rochas antes, a gente foi pro museu... [Concordância do grupo] IGOR: História e Geografia. ANA: E tinha esse tipo de rochas... NICK: Ficou um pouco mais fácil já. IGOR: Só que não podia tocar... OLGA: Seria mais fácil. [Concordância do grupo]
...
	Mas essas aulas, a aula que ela trouxe o kit de rochas e a aula que ela trouxe o kit de fósseis, ela apresentou primeiro o conteúdo, não foi? Se tivesse invertido, se ela já tivesse trazido as rochas e os fósseis...?	ANA: A gente ia querer saber o que era... IVNA: Teria interesse, a gente ia se interessar mais. ANA: Teria interesse de saber o que era aquela rocha, como foi formada e tal... O fóssil a mesma coisa.
	Então vocês acham que a parte teórica é importante, mas poderia ser invertida? Ou a gente pode cortar a parte teórica?	IVNA: Não... ISABELA: (...) Mais prática que teórica. NICK: Pode ser ao mesmo tempo. Trazer as rochas e ir explicando o assunto. IVNA: Porque tipo assim... Ela passava mais tempo explicando do que na prática, entendeu? IGOR: Uma aula dinâmica e tal. [Concordância do grupo]
Criticas à Aula 2 (Conhecimentos básicos de Geologia)	(...) Pronto. Aula de Geologia, que mais?! Vocês falaram que gostaram da atividade prática. Gostaram de manusear as amostras. Vocês acharam que a atividade então foi mais... significativa?	NICK: Rendeu mais.
	Rendeu mais...	JANAÍNA: O desenvolvimento foi bom.
	(...)Ela entregou algumas peças do kit e pediu que vocês tentassem descobrir se era metamórfica, se era sedimentar, se era ígnea. Vocês conseguiram?	ISABELA: Aham. NICK: Eu consegui por causa do museu.
	Ah! Vocês lembraram do museu...	NICK: Não. Foi! Eu consegui por causa do museu. IVNA: Eu consegui por causa da aula também. Porque eu tava um pouco

esquecida do museu, eu me lembrava que falou disso no museu, só que eu não tava...
 ISABELA: O que era...
 IVNA: É.
 ANA: A rocha qual era qual.
 IVNA: É.
 ISABELA: Tipo, no slide tinha dizendo o que era rocha sedimentar, só que a gente tinha que achar “essa daqui é metamórfica ou sedimentar?”. Aí a gente “Ah! Essa daqui é metamórfica” porque... pela textura da rocha e tudo que tava falando.

Finalmente, a avaliação do primeiro protótipo da sequência didática para abordagem de Tempo Geológico no ensino médio indica que o nosso produto educacional ainda não está adequado e exige reformulações expressivas, relacionadas às dimensões epistemológica, cognitiva e didática, discutidas nesta seção. As dificuldades da professora na apropriação e transposição de conteúdos de Geociências para a sala de aula, mesmo tendo mestrado em Geologia, indicam, sobretudo, a complexidade da intervenção. Neste sentido, é preciso reduzir conteúdos e/ou criar novas formas de abordá-los, algumas possibilidades já apresentadas anteriormente, outras devem ser discutidas e construídas colaborativamente pela equipe de investigação, incluindo, sem hierarquização, os(as) professores(as) da educação básica que aplicarão a intervenção em suas salas de aula, conduta que, esperamos, deve reduzir consideravelmente a insegurança dos(as) professores(as) durante a etapa de teste em contexto real de ensino.

Apesar disso, é interessante destacar que mesmo com todos os problemas apresentados aqui, os estudantes, após as aulas, conseguiram apresentar uma concepção de Tempo Geológico coerente (Quadro 22), o que é um indicativo de que a nossa intervenção foi capaz de fornecer elementos para ajudar os estudantes a atingirem uma noção, ainda que simples, do que é Tempo Geológico.

Quadro 22 – [Trecho de transcrição] Grupo focal apresentando um conceito para Tempo Geológico.

Assunto	Mediadora	Estudantes
Tempo Geológico	Então a pergunta final pra gente encerrar esse grupo focal. O que é Tempo Geológico?	ANA: Misericórdia! [Grupo ri] [Silêncio] NICK: Pode ser o tempo... que a Terra levou pra ser formada...
	Tempo que a Terra levou pra se formar... Só pra se formar?	NICK: Tempo de criação... tempo das transformações que ela tem... que ela tá passando... IGOR: Das extinções... NICK: O que ocorreu nela... as transformações que ela tá passando.
	Até os dias de hoje?	IVNA: Até os dias de hoje. IGOR: Até o fim dela.
	Aberto, né? Até os dias...	NICK: Continua. Tá passando agora.

(...) Alguém tem mais alguma ideia, quer acrescentar mais alguma coisa ao que NICK falou? Todo mundo concordou mesmo? [Concordância do Grupo]

4.3. Preparação para um novo ciclo de *design*

Nossos esforços no sentido de validar os princípios de *design* que orientaram a construção do primeiro protótipo de uma sequência didática para abordagem de Tempo Geológico no ensino médio evidenciaram problemas na formulação dos princípios de *design* e no próprio processo de gestão da pesquisa de desenvolvimento, fornecendo indícios para sustentar o ajuste desses princípios de *design* iniciais e a elaboração de novos.

Estes novos princípios de *design*, que agora devem orientar o desenvolvimento colaborativo de um novo protótipo da intervenção, serão testados em um segundo ciclo da pesquisa para serem novamente validados (ou não).

Assim, as características orientadoras de um segundo protótipo de SD para abordagem de Tempo Geológico no ensino médio, elaboradas em resposta a este primeiro ciclo de prototipagem são: (1) utilização de filmes de ficção científica para levantamento de concepções prévias; (2) visita a museu para contextualizar o ensino, atrair e motivar os estudantes; (3) uso da ferramenta narrativa para abordagem da história da Terra e de eventos macroevolutivos para diversificar estratégias de ensino, possibilitando a participação dos estudantes e tornando menos maçante a exposição dos conteúdos; (4) construção coletiva de linhas do tempo da história da Terra para tornar mais concreta a noção de Tempo Geológico; (5) utilização de atividades investigativas para engajar os estudantes em discussões e pesquisas sobre o conteúdo; (6) uso de textos de divulgação científica para relacionar o tema a aplicações práticas, trabalhando suas dimensões econômica, política e cultural; (7) foco na abordagem histórica do tema.

Nota-se que as características 3, 4 e 5 são ajustes dos princípios de *design* iniciais que foram corroborados (ainda que parcialmente) neste primeiro ciclo. As características 1 e 2 foram sugestões dos próprios estudantes durante o grupo focal. As características 6 e 7 são adaptações dos princípios de *design* que não puderam ser validados nesta etapa.

5. CONCLUSÃO

Como esperado para o primeiro ciclo de uma investigação baseada em *Design Research*, a aplicação do primeiro protótipo da SD expôs fragilidades da intervenção e do próprio percurso de desenvolvimento do produto educacional. Revelou também que conteúdos das Ciências da Terra podem ser integrados ao currículo de Biologia, enriquecendo as aulas, indicando a importância da formação de professores capacitados para abordarem conhecimentos de Geociências nas escolas, algo que infelizmente ainda não é realidade no Brasil.

Nossas inferências sobre a aplicabilidade da sequência didática em contexto real de ensino, sua efetividade no alcance de nossas expectativas pedagógicas e

sua atratividade para os estudantes, sugerem que: (1) o trabalho de cooperação com a professora não foi capaz de oportunizar a autonomia necessária para que a docente conduzisse as aulas conforme planejado, o que aponta a importância de um trabalho colaborativo em que professores participem ativamente desde as etapas iniciais da pesquisa de desenvolvimento; relacionado a isso; (2) a quantidade e complexidade dos princípios de *design* dificultou o empenho da professora em atingir as expectativas pedagógicas associadas e repercutiu na etapa de análise e validação, em que alguns princípios não puderam ser aplicados ou validados; a despeito da longa carreira na docência e da formação complementar em Geologia, (3) a professora que aplicou a intervenção, insegura na transposição de conhecimentos de Geociências, não dominou completamente os conteúdos, cometendo alguns equívocos conceituais que foram assimilados pelos estudantes, nos alertando para a possibilidade de realização de cursos ou oficinas de formação complementar em Geociências para os professores que aplicarão a SD nas próximas etapas do estudo; (4) os estudantes carregam conhecimentos prévios de Geociências, muitas vezes equivocados, obtidos por meios formais de ensino ou não, por isso é fundamental incluir na intervenção o mapeamento de concepções prévias com o objetivo de ajustar a SD para atender a essas demandas; e (5) é de fundamental importância que a intervenção sobre Geociências se encaixe de forma orgânica ao planejamento curricular do ano letivo para que os estudantes compreendam a relação entre os conteúdos da SD e os assuntos trabalhados na unidade didática em questão; (6) o uso de perguntas motivadoras não foi suficiente para engajar os estudantes em discussões sobre a idade da Terra e oportunizar a exposição de concepções prévias; por outro lado, (7) as atividades investigativas aplicadas em algumas aulas tiveram sucesso em atrair e engajar os estudantes em discussões e pesquisas sobre o conteúdo; assim como (8) a construção coletiva de linhas do tempo da história da Terra, que, além de atrair e motivar os alunos, foi eficaz na promoção de discussões importantes sobre a história evolutiva do planeta; portanto, (9) o engajamento dos estudantes em aulas em que assumem o protagonismo ou colaboram com a construção do conhecimento sugere a manutenção dessa estratégia no próximo protótipo da SD.

Assim, concluímos que a o primeiro protótipo da sequência didática não atendeu totalmente nossas expectativas de aplicabilidade, efetividade e atratividade, portanto, não consideramos válido, ainda que os estudantes tenham avaliado positivamente a intervenção e tenham conseguido elaborar uma concepção coerente, mesmo simples, de Tempo Geológico após as aulas.

Dessa forma, ajustes devem ser realizados nos princípios de *design* e, conseqüentemente, na intervenção a fim de que seja testado um novo protótipo futuramente. Este novo protótipo da SD deverá ser construído colaborativamente e, de acordo com os resultados deste estudo, deve incorporar as seguintes características: utilização de filmes de ficção científica e visita ao Museu Geológico da Bahia – sugestões dos próprios estudantes durante o grupo focal; uso da ferramenta narrativa para abordagem da história da Terra e de eventos evolutivos, construção coletiva de linhas do tempo da história da Terra e emprego de atividades investigativas – estratégias que validamos nesta etapa; e uso de textos de divulgação científica (trabalhando as dimensões econômica, política e cultural da noção de Tempo Geológico) e foco na abordagem histórica do tema – que fazem parte dos princípios que não puderam ser validados neste primeiro ciclo.

APPLICATION AND ANALYSIS OF A DIDACTIC SEQUENCE BASED ON DESIGN PRINCIPLES FOR A GEOLOGIC TIME APPROACH

ABSTRACT

We present the results of applying and analysing the first prototype of a didactic sequence to approach Geological Time on high school. This educational tool, developed under Design Research, was elaborated following design principles derived from teaching knowledge, from Geosciences and Evolution teaching literature, and from Burchfield's (1998) historically oriented perspective to build Geological Time concept. Integrated to Biology didactic planning, the intervention was tested in a 1st year high school class of a school in Salvador, Bahia, Brazil. The analysis, guided by non-participative observation and interviewing teacher and a student focal group, has shown the need for change on adopted design principles, and, consequently, on didactic sequence. We suggest collaborative work, using scientific fiction movies, visiting museums and expositions, implementing investigative activities, employing narrative tools, using scientific divulgation texts, and focusing on historical approach on the subject in order to guide the elaboration of a second prototype towards new test cycles, aiming to improve this educational innovation. We have shown approaching Geological Time and Geosciences subjects in Biology classes to be feasible and stimulating for both teachers and students.

KEYWORDS: Geologic Time. Teaching Sequence. Geoscience Education.

NOTAS

1 Segundo Zabala (1998, p.18), uma sequência didática é um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”.

2 Entendemos que a validação dos princípios de *design* é uma etapa fundamental da pesquisa de desenvolvimento para assegurar que a intervenção em construção seja útil e significativa para os usuários do produto gerado, ou seja, professores e estudantes, e para certificar que os resultados obtidos possam ser generalizáveis a outros contextos de ensino.

3 Sarmiento (2015, p. 23) propõe um novo formato para os princípios de *design*, adaptado de Van Den Akker (1999), empregado nos estudos do seu grupo de pesquisa: Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, é aconselhável: (1)Adotar a característica A, para o propósito/função y1, realizando o procedimento K, em razão do argumento P. (2)Adotar a característica B, para o propósito/função y2, realizando o procedimento L, em razão do argumento Q. (3)Adotar a característica C, para o propósito/função y3, realizando o procedimento M, em razão do argumento R. (...).

4 Van Den Akker (1999, p.9, tradução nossa), propõe o seguinte formato para a escrita dos princípios de *design*: “Se deseja desenvolver uma intervenção X [com o propósito/função Y no contexto Z], então deve dar a esta intervenção as características A, B e C [ênfase substantiva], e fazer isso através dos procedimentos K, L e M [ênfase procedimental], por causa dos argumentos P, Q e R”.

5 Análise *a priori* e *a posteriori* integram validação do tipo interna, onde são confrontadas, pelo grupo de investigação, análises realizadas antes e após a experimentação (ARTIGUE, 1996).

6 A entrevista em profundidade funciona como uma “conversa informal” onde o entrevistador atua discretamente e faz perguntas amplas e não-diretivas pois o importante é estabelecer uma conexão com o entrevistado, que deve usar suas próprias palavras para se expressar (LICHTMAN, 2009).

REFERÊNCIAS

ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. In: BRUN, J.; FLORIS, R. (Ed.). Didactique des mathématiques. Paris: delachaux et niestlé, 1996.

BOAVIDA, A. M.; PONTE, J. P. Investigação colaborativa: potencialidades e problemas. In: Grupo de Trabalho sobre Investigação. (Org). Reflectir e investigar sobre a prática profissional (pp. 43-55). Lisboa: APM, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros

Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Proposta preliminar. Terceira versão. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acessado em: 22 abr. 2017.

BURCHFIELD, J. D. The age of the Earth and the invention of geological time. In: BLUNDELL, D. J.; SCOTT, A. C. (Eds.). *Lyell: the Past is the Key to the Present*. London: Geological Society Special Publications, v. 143, 1998.

CERVATO, C.; FRODEMAN, R. The significance of geologic time: cultural, educational and economic frameworks. **The Geological Society of America Special Papers**, n. 486, p.19-27, 2012.

CHAVES, R.S.; MORAES, S. S.; LIRA-DA-SILVA, R.M. Desenvolvendo princípios de design para o ensino de Tempo Geológico na Educação Básica. In: XII Jornadas Nacionales y VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología, Buenos Aires. Atas, 2016. Disponível em: <<http://congresosadbia.com/ocs/index.php/BAIRES16/Jneb2016/schedConf/presentations>>. Acesso em: 06.jul.2017

COSTA, V. de S.; COUTINHO, J. G. da E.; EL-HANI C. N. Trazendo a macroevolução para a sala de aula: uma proposta de ensino de biologia evolutiva de forma pluralista e integrada no ensino médio. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia. Atas, 2015. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=macroevolu%E7%E3o>>. Acesso em: 06.jul.2017

DODICK, Jeff. Understanding evolutionary change within the framework of geological time. **McGill Journal of Education**, v. 42, n. 2, p. 245-264, out. 2007.

GUIMARÃES, E. M. A contribuição da Geologia na construção de um padrão de referência do mundo físico na educação básica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 1, p. 87-94, mar.2004.

GUIMARÃES, A.P.M.; GUIMARÃES, M.D.M; SARMENTO A.C.H.; MUNIZ, C.R.R.; SILVA, N.R.; SÁ, T.S.; EL-HANI, C.N. O aquecimento global como conteúdo norteador para ensinar sobre visão sistêmica do planeta Terra no ensino médio. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia. Atas, 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0233-1.pdf>>. Acesso em: 06.jul.2017

LICHTMAN, M. *Qualitative Research in Education: a user's guide*. Thousand Oaks: SAGE, 2009.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K.; GOEDHART, M.; JONG, O. EIJKELHOF, H. (Eds.). *Research and the quality of science education*. (pp. 195-207). Dordrecht, Netherlands: Springer, 2005.

PEDRINACI, E.; BERJILLOS, P. El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 2, n. 1, p. 240-251,1994.

PIASSI L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de 'encontrar erros em filmes'. **Educação e Pesquisa**, v. 35, n. 3, p. 525-540, set-dez.2009.

PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Eds.). *An Introduction to Educational Research*. Enschede: SLO - Netherlands Institute for Curriculum Development, 2010.

SARMENTO, A.C.H. Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade (Dissertação de mestrado, UFBA/UEFS, Bahia, Brasil). (2015).

SARMENTO, A.C.H.; COSTA, A.L.A.P; MUNIZ, C.R.; SILVA, N.R.da; CALDAS, T.M.O.C.; SÁ, T. S.de; PEREIRA, V.A.; COSTA, V.J.B.da. Desenvolvimento de uma sequência didática sobre metabolismo energético – princípios de *design* validados em quatro prototipagens. In: SEPÚLVEDA, C.; ALMEIDA, M. (Orgs). *Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia*. (pp. 147-177). Feira de Santana: UEFS Editora, 2016.

TOLEDO, M.C.M. Geociências no Ensino Médio Brasileiro – Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, v.3, p. 31-44, set.2005.

TOMASSI, H. Z.; ALMEIDA, C. M. O que é fóssil? Diferentes conceitos na Paleontologia. In: XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia, Natal. Atas, p.143-147, 2011.

TREND, Roger David. An Investigation into the Understanding of Geological Time among 17-year-old Students, with Implications for the Subject Matter Knowledge of Future Teachers. **International Research in Geographical and Environmental Education**, v. 10, n. 3, p. 298-321, 2001.

VAN DEN AKKER, Jan. Principles and Methods of Development Research. In: VAN DEN AKKER, J. et al. (Eds.). Design approaches and tools in education and training. (pp. 1-14). Boston: Kluwer Academic, 1999.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta investigação retrata nossos esforços na elaboração de diretrizes que orientem a construção de uma sequência didática para abordagem de Tempo Geológico dentro de aulas de Biologia do ensino médio. É um estudo inovador no Brasil, que também carece de pesquisas que investiguem nossas dificuldades de ensinar e aprender sobre Tempo Geológico, um conceito medular em Geociências que atinge diretamente as Ciências Biológicas, pois entender a perspectiva geológica de tempo é fundamental para compreender Evolução. Por isso, propomos o desenvolvimento de uma intervenção para abordagem de Tempo Geológico integrada às aulas de Origem e Evolução da Vida em Biologia, focada e voltada para o contexto real de ensino.

Nosso trabalho mostra que conteúdos de Geociências podem ser integrados ao currículo de Biologia do ensino médio e aqui testamos diretrizes que podem orientar o desenvolvimento de intervenções e recursos didáticos sobre Tempo Geológico para o ensino básico. Por outro lado, reconhecemos que a dificuldade de ensinar Geociências na Educação Básica no Brasil decorre de problemas maiores que a ausência de investigações, diretrizes ou recursos didáticos para abordagem de temas da área. Os professores do ensino básico não estão sendo formados para lidarem com conhecimentos de Geociências associados aos conteúdos de suas áreas, e entendemos que este é o maior entrave para a introdução de Geociências nas escolas, especialmente quando pensamos em noções tão complexas quanto a de Tempo Geológico.

De fato, viabilizar a abordagem de Tempo Geológico numa sala de aula do ensino básico não foi uma empreitada simples, mas foi muito bem recebida (e aproveitada) na escola, tanto pela professora de Biologia que colaborou com o projeto, quanto pelos estudantes que foram “cobaias” e avaliadores de nossa “experimentação”.

Mesmo que o quadro geral seja positivo, os nossos resultados parciais indicam que há ainda muito a fazer. Vamos seguir em frente com a investigação e esperamos que esta pequena contribuição possa motivar e inspirar outros professores e pesquisadores no caminho.

ORGANIZAÇÃO DE UM NOVO CICLO

Uma característica da pesquisa dirigida por *Design Research* é que ela não termina até que, mirando seus objetivos, todos os “praticantes” estejam satisfeitos com os resultados alcançados. Desde o começo da investigação, há dois anos, sabíamos que chegaríamos ao final deste primeiro ciclo com resultados parciais e, possivelmente, com novas perguntas a responder. A investigação “Como abordar Tempo Geológico na Educação Básica?” não

terminou, mas concluímos sua primeira etapa e assim podemos ditar os futuros rumos da investigação.

Obter resultados parciais não significa que nossa contribuição não seja relevante. Avançamos muito em relação às nossas conjecturas iniciais e, “três capítulos depois”, os nossos princípios de *design* podem ser reformulados, determinando, conseqüentemente, mudanças no produto educacional que estamos construindo (notar o uso do presente contínuo, pois nossa sequência didática para abordagem de Tempo Geológico continua em desenvolvimento). Em se tratando de uma investigação que elabora e testa estratégias para a abordagem de Tempo Geológico integradas às aulas de Biologia no ensino básico do Brasil, o pequeno passo que esta dissertação de mestrado dá, mesmo com resultados parciais, é, modéstia a parte, expressivo.

Não poderíamos encerrar este relato de pesquisa, portanto, sem responder diretamente a pergunta de pesquisa expressa na seção de apresentação. Afinal, quais características uma sequência didática deve possuir para favorecer a abordagem de Tempo Geológico no ensino médio? As características que apresentamos a seguir resultam dos pequenos ajustes e grandes correções nos princípios de *design* iniciais que apresentamos no Capítulo 2 e validamos (ou pretendíamos validar) no Capítulo 3, ou são construções novas baseadas na experiência e inferências do primeiro ciclo da pesquisa.

É importante salientar que também consideramos como importante critério de validação o que Anderson, Herr e Nihlen (2007) chamam de validação dialógica, ou seja, a revisão pelos pares para corrigir e alinhar os textos produzidos a partir da pesquisa até a publicação. Neste caso, foram fundamentais o escrutínio das bancas de qualificação e defesa e as críticas dos revisores de eventos científicos e dos participantes dos congressos após a apresentação do trabalho. Ainda, consideramos também as contribuições feitas durante a apresentação de parte da pesquisa no “Seminário de Pesquisa” e as observações das professoras e colegas da disciplina “Referenciais Teóricos e Metodologia da Pesquisa em Educação Científica”, atividades obrigatórias do PPGEFHC UFBA-UEFS.

Dando continuidade à pesquisa, antes de seguirmos para um novo ciclo de *design*, pretendemos encaminhar novos princípios de *design*, reformulados com base neste primeiro ciclo da investigação, para uma nova etapa de validação pelos pares, direcionando as diretrizes exclusivamente para análise de professores do ensino básico. Após isso, iniciaremos a construção colaborativa da sequência didática com os(as) professores(as) colaboradores(as), e este protótipo também deverá seguir para validação por docentes da educação básica antes da aplicação. Essas medidas buscam minimizar dificuldades que tivemos durante a aplicação

e análise da sequência didática, que foram discutidas no capítulo 3, mas também fazem parte do “protocolo” da pesquisa baseada em *Design Research*.

Quais características uma sequência didática deve possuir para favorecer a abordagem de Tempo Geológico no ensino básico?

Para responder esta pergunta consideramos nossas inferências sobre a aplicabilidade do primeiro protótipo que construímos em contexto real de ensino, a efetividade das aulas no alcance de nossas expectativas pedagógicas e a atratividade da SD para o público-alvo (estudantes do ensino médio). Ressaltamos que estas características devem continuar a ser testadas em novos ciclos da pesquisa para que sejam continuamente validadas até que não restem muitas dúvidas sobre a eficácia dessas estratégias em favorecer a abordagem de Tempo Geológico. São elas:

- Ensino com foco na abordagem histórica da noção de Tempo Geológico;
- Visita a museu geológico/paleontológico para contextualizar o ensino, atrair e motivar os estudantes;
- Utilização de filmes de ficção científica com abordagem de tema(s) de Geociências para levantamento de concepções prévias dos estudantes;
- Uso da ferramenta narrativa para abordagem da história da Terra e de eventos macroevolutivos significativos para diversificar estratégias de ensino, possibilitando a participação dos estudantes e tornando menos maçante a exposição dos conteúdos;
- Construção coletiva de linhas do tempo da história da Terra para tornar mais concreta a noção de Tempo Geológico;
- Utilização de atividades investigativas para engajar os estudantes em discussões e pesquisas sobre os conteúdos;
- Uso de textos de divulgação científica para relacionar o tema a aplicações práticas, trabalhando suas dimensões econômica, política e cultural.

Um resultado muito importante

Uma das metas da pesquisa educacional baseada em DR é contribuir para o desenvolvimento profissional dos “praticantes” envolvidos na investigação, em especial, os professores, que são os profissionais que de fato fazem uso do produto educacional que está sendo desenvolvido. Uma conquista ainda melhor é o desenvolvimento da consciência desses

profissionais sobre como a pesquisa realizada pode contribuir para a melhoria do seu contexto profissional (PLOMP, 2010).

Por estarmos ainda numa etapa introdutória da pesquisa, confesso que não almejava a extraordinária conquista de sensibilizar a professora colaboradora desta investigação a ponto de vê-la repensar e reconstruir sua prática pedagógica. Entretanto, a despeito de todas as dificuldades que encontramos, a professora que colaborou com o estudo, sem a nossa presença ou interferência, incorporou nosso produto educacional ao planejamento curricular da escola e continua aplicando uma sequência didática (com seus ajustes) para abordagem de Tempo Geológico em suas turmas de 1º ano com resultados satisfatórios, inclusive, planejando atrair outros professores da escola para um trabalho interdisciplinar.

De todas as contribuições que esta pesquisa pode oferecer ao ensino de ciências, talvez a mais relevante seja a possibilidade de atingir os professores do ensino básico a ponto de que entendam a importância de se trabalhar a noção de Tempo Geológico nas aulas e apropriem-se de nossas sugestões, modificando suas práticas. Acima de tudo, é isso que desejamos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C.; BARRETO, A. M. F. O Tempo Geológico e Evolução da Vida. In: CARVALHO, Ismar de Souza. (Org.) *Paleontologia: Conceitos e métodos*. 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 93-109
- ANDERSON, G. L.; HERR, K.; NIHLEN, A. S. **Studying your own school**: an educator's guide to qualitative practitioners research. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2007. 247p.
- ANDERSSON, B.; WALLIN, A. On Developing Content-oriented Theories Taking Biological Evolution as an Example. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 6, p. 673-695, mai. 2006.
- ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. In: BRUN, J.; FLORIS, R. (Ed.). *Didactique des mathématiques*. Paris: delachaux et niestlé, 1996
- ARTIGUE, M. Perspectives on Design Reserch: The Case of Didactical Engineering. In: BIKNER-AHSBAHS, A.; KNIPPING, C.; PRESMEG, N. (Eds.). *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education: Examples of Methodology and Methods*. London: Springer, 2015. p. 467-496.
- BACCI, D.; OLIVEIRA, L. A.; POMMER, C. Contribuição da abordagem geocientífica no ensino fundamental: tempo geológico, origem do petróleo e mudanças ambientais. **Enseñanza de las ciências**, Núm. Extra, p. 3447-3451, 2009. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294705>>. Acessado em: 12 mai. 2017.
- BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. Por que a pesquisa de desenvolvimento na educação matemática? **Revista do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática da Univerdade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)**, v. 8, número temático, p. 526-546, 2015.
- BETTI, A.; KULAIF, Y. O tempo geológico nas aulas de História – Uma experiência no ensino fundamental. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA, 1., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2007. CD-ROM.
- BIZZO, N.; OLIVEIRA, J. Tempo Geológico nas perspectivas histórica, epistemológica e sócio-cultural: resultados de uma pesquisa transnacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Atas eletrônicas...** Campinas: ABRAPEC, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1667-1.pdf>>. Acessado em: 12 mai. 2017.
- BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 235-257, 2009.

- BOAVIDA, A. M.; PONTE, J. P. Investigação colaborativa: potencialidades e problemas. In: Grupo de Trabalho sobre Investigação. (Org). Reflectir e investigar sobre a prática profissional. Lisboa: APM, 2002. p. 43-55.
- BONITO J. et al. A Complexidade do Tempo Geológico e a sua Aprendizagem com Alunos Portugueses (12-13 anos). **Terrae Didactica**, v. 7, n. 1, p. 60-71, 2011.
- BOWRING, Samuel A. Perceptions of Time Matter: The Importance of Geoscience Outreach. In: TONG, Vincent T. H. (Ed.). Geoscience Research and Outreach: Schools and Public Engagement, v. 21, 2014. p. 11-15.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Proposta preliminar. Segunda versão revista. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acessado em: 23 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Proposta preliminar. Terceira versão. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acessado em: 22 abr. 2017.
- BURCHFIELD, J. D. The age of the Earth and the invention of geological time. In: BLUNDELL, D. J.; SCOTT, A. C. (Eds.). Lyell: the Past is the Key to the Present. London: Geological Society Special Publications, v. 143, 1998. p.137-143.
- CARNEIRO, C. D. R.; TOLEDO, M. C. M.; ALMEIDA, F. F. M. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 553-560, dez. 2004.
- CERVATO, C.; FRODEMAN, R. The significance of geologic time: cultural, educational and economic frameworks. **The Geological Society of America Special Papers**, n. 486, p.19-27, 2012.
- CHAVES, Rafaela S. et al. O jogo 'Viagem no Tempo Geológico' como recurso didático na educação básica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 23, 2013, Gramado. **Boletim de Resumos...** Gramado: Paleontologia em Destaque, edição especial, out. 2013. p. 61.
- CHAVES, Rafaela S. et al. Quando estudantes agem como paleontólogos: importância do uso (e não apenas demonstração) de réplicas de fósseis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 24, 2015, Crato. **Boletim de Resumos...**Crato: Paleontologia em Destaque, edição especial, out. 2015. p. 82.
- CHAVES, Rafaela S et al. (no prelo). A Terra revela a sua história para estudantes do ensino fundamental em uma escola municipal da Bahia (Brasil).

CHAVES, Rafaela S. et al. Desenvolvendo princípios de design para o ensino de Tempo Geológico na Educação Básica. In: Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología, 7., 2016, Buenos Aires. **Atas...** Disponível em: <<http://congresosadbia.com/ocs/index.php/BAIRES16/Jneb2016/schedConf/presentations>>. Acessado em: 06 jul. 2017

CHEEK, Kim. Students' Understanding of Large Numbers as a Key Factor in their Understanding of Geologic Time. **International Journal of Science & Mathematics Education**, v. 10, n. 5, p. 1047-1069, out. 2012.

COBB, P. *et al.* Design Experiments in Educational Research. **Educational Researcher**, v.32, n. 1, p. 9-13, fev. 2013.

COSTA, V. de S.; COUTINHO, J. G. da E.; EL-HANI C. N. Trazendo a macroevolução para a sala de aula: uma proposta de ensino de biologia evolutiva de forma pluralista e integrada no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 10., Águas de Lindóia. **Atas...** Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=%E7%E3o>>. Acessado em: 06.jul.2017

COTNER, S.; BROOKS, D. C.; MOORE, R. Is the age of the Earth one of our “sores troubles?” Students’ perceptions about deep time affect their acceptance of evolutionary theory. **Evolution**, v. 64, n. 3, p. 858–864, mar. 2010.

D’ARGENIO, Bruno. Charles Darwin and geological time conceptions. **Rendiconti Lincei**, v. 20, n. 4, p. 307-315, out. 2009.

DODICK, Jeff. Understanding evolutionary change within the framework of geological time. **McGill Journal of Education**, v. 42, n. 2, p. 245-264, out. 2007.

DODICK, J.; ORION, N. Cognitive factors affecting student understanding of geological time. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 4, p. 415-442, abr. 2003.

DODICK, J.; ORION, N. Measuring Student Understanding of Geological Time. **Science & Education**, v. 87, n. 5, p. 708-731, set. 2003.

DOLPHIN, Glenn. Evolution of the Theory of the Earth: A Contextualized Approach for Teaching the History of the Theory of Plate Tectonics to Ninth Grade Students. **Science & Education**, v. 18, n. 3-4, p. 425-441, abr. 2009.

DOTTI, Amanda Foganholi. **O uso de analogias no processo didático: Um estudo sobre livros de Ciências para a última série do Ensino Fundamental.** Araraquara, SP: UNESP, 2007. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, 2007.

EICHER, Don L. **Tempo Geológico.** São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1969. 172p.

EVANS, Margaret E. The emergence of beliefs about the origins of species in school-age children. **Merril-Palmer Quaterly**, v. 46, n. 2, p. 221-254, abr. 2000.

FISHER, Daniel C. et al. Anatomy, death, and preservation of a woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) calf, Yamal Peninsula, northwest Siberia. **Quaternary International**, v. 255, p. 94-55, mar. 2012

FRODEMAN, Robert. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. **Geological Society of America Bulletin**, v. 107, n. 8, p. 960-968, ago. 1995.

GOULD, Stephen Jay. **Seta do tempo, ciclo do tempo: mito e metáfora na descoberta do tempo geológico**. São Paulo: Editora Schwarcz, 1991. 221p.

GUIMARÃES, E. M. A contribuição da Geologia na construção de um padrão de referência do mundo físico na educação básica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 1, p. 87-94, mar. 2004.

GUIMARÃES, A.P.M. *et al.* O aquecimento global como conteúdo norteador para ensinar sobre visão sistêmica do planeta Terra no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Atas...** Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0233-1.pdf>>. Acessado em: 06.jul.2017.

KASTENS et al. How Geoscientists Think and Learn. **Eos**, v. 90, n. 31, p. 265-272, ago. 2009.

LIBARKIN Julie C. et al. Qualitative Analysis of College Student's Ideas about Earth: Interviews and Open-Ended Questionnaires. **Journal of Geoscience Education**, v. 53, n. 1, p. 17-26, fev. 2005.

LIBARKIN, Julie C. College Student Conceptions of Geological Phenomena and their Importance in Classroom Instruction. **Planet**, v. 17, n. 1, p. 6-9, dez. 2006.

LIBARKIN, J. C.; KURDZIEL, J. P.; ANDERSON, S. W. College Student Conceptions of Geological Time and the Disconnect Between Ordering and Scale. **Journal of Geoscience Education**, v. 55, n. 5, p. 413-422, nov. 2007.

LICHTMAN, Marilyn. **Qualitative Research in Education: a user's guide**, 2. ed. Thousand Oaks: SAGE, 2009.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K.; GOEDHART, M.; JONG, O. EIJKELHOF, H. (Eds.). Research and the quality of science education. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2005. P. 195-207.

MELO, D. J. et al. Desenvolvimento de atividade lúdica para o auxílio do ensino e divulgação científica da Paleontologia. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 30, n. 1, p. 73-76, 2007.

MORAES, S. S.; SANTOS, J. F. S.; BRITO, M. M. M. 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. v. 2. Rio de Janeiro: Interciência, 2007. p. 71-75.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva das salas de aula de Ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. “Nem tudo que reluz é ouro”: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 123-147, jan-abr. 2015

OLIVEIRA, Jeferson Botelho de. **O Tempo Geológico no Ensino Fundamental e Médio: os estudantes e os livros didáticos**. São Paulo, SP: USP, 2006. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2006.

PARKER, Joel D. Using Google Earth to Teach the Magnitude of Deep Time. **Journal of College Science Teaching**, v. 40, n. 5, p. 23-27, mai. 2011.

PEDRINACI, E.; BERJILLOS, P. El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 2, n. 1, p. 240-251, 1994.

PEREZ, C. P. et al. O túnel do tempo geológico: Ferramenta didática para o ensino de Geociências no ensino fundamental e médio. In: CARVALHO *et al.* (Orgs.). **Paleontologia: Cenários da Vida**. v. 4. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p. 709-718.

PIASSI L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de 'encontrar erros em filmes'. **Educação e Pesquisa**, v. 35, n. 3, p. 525-540, set-dez. 2009.

PLOMP, Tjeerd. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Eds.). **An Introduction to Educational Research**. v 3. Enschede: SLO - Netherlands Institute for Curriculum Development, 2010. p. 9–35.

REBELO, Dorinda et al. O tempo geológico na formação de professores: das concepções de alunos à construção de materiais didáticos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL GALEGO-PORTUGUÊS DE PSICOPEDAGOGIA, 11., 2011, La Coruña. **Atas...** La Coruña: Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación e Universidade do Minho, 2011. p. 713-722.

SANTOS, S. F.; CHAVES, J. M. 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., 2011, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: UEFS, 2011. p.897-900.

SARAIVA JÚNIOR, J. C. Tempo Geológico, Sociedade e Ensino de Geografia Física. **Holos**, ano, 29, v. 5, p. 219-233, 2013.

SARMENTO, A.C.H. **Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade**. Salvador, BA: UFBA/UEFS, 2015. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, 2015.

SARMENTO, A.C.H. *et al.* Desenvolvimento de uma sequência didática sobre metabolismo energético – princípios de design validados em quatro prototipagens. In: SEPÚLVEDA, C.;

ALMEIDA, M. (Orgs). Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia. Feira de Santana: UEFS Editora, 2016. p. 147-177.

SEPÚLVEDA, C.; ALMEIDA, M. (Orgs.). **Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia**. Feira de Santana: UEFS Editora, 2016. 278p.

SEQUEIROS, L.; PEDRINACI, E.; BERJILLOS, P. Cómo enseñar y aprender los significados del Tiempo Geológico: algunos ejemplos. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, v. 4, n. 2, p. 113-119, 1996.

SIMONS, H., KUSHNER, S., JONES, K., JAMES, D. From evidence-based practice to practice-based evidence: the idea of situated generalization. **Research Papers in Education**, v. 18, n. 4, p. 347-364, 2003.

SOARES, Marina Bento (Org.). **A Paleontologia na sala de aula**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2015. 714p. Disponível em: <<https://www.paleontologianasaladeaula.com/>>. Acessado em: 12 mai. 2017.

TOLEDO, Maria Cristina Motta. Geociências no Ensino Médio Brasileiro – Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, v. 3, p. 31-44, set. 2005. Publicação Especial.

TOMASSI, H. Z.; ALMEIDA, C. M. O que é fóssil? Diferentes conceitos na Paleontologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 22., 2011, Natal. **Atas...** Natal: Livro de Resumos do XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia, 2011. p.143-147.

TORT, A. C.; NOGAROL, F. Revendo o debate sobre a idade da Terra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1-9, mar. 2013.

TREND, Roger David. An Investigation into the Understanding of Geological Time among 17-year-old Students, with Implications for the Subject Matter Knowledge of Future Teachers. **International Research in Geographical and Environmental Education**, v. 10, n. 3, p. 298-321, 2001.

TREND, Roger David. Deep time framework: A preliminary study of U.K. primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of Geoscience. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 10, p. 191-221, fev. 2001.

TREND, Roger David. Individual, situational and topic interest in geoscience among 11- and 12- year-old children. **Research Papers in Education**, v. 20, n. 3, p. 271-302, set. 2005.

TREND, Roger David. The power of deep time in geoscience education: linking 'interest', 'threshold concepts', and 'self-determination theory'. **Studia Universitatis Babeş-Bolyai: Geologia**, v. 54, n. 1, p. 7-12, 2009.

VAN DEN AKKER, Jan. Principles and Methods of Development Research. In: VAN DEN AKKER, J. *et al.* (Eds.). Design approaches and tools in education and training. Boston: Kluwer Academic, 1999. p. 1-14.

VAN DIJK, E. M.; KATTMANN, U. Teaching Evolution with Historical Narratives. **Evolution: Education and Outreach**, v. 2, n. 3, p. 479-489, abr. 2009.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224p.

ZEN, E-an. What is deep time and why should anyone care? **Journal of Geoscience Education**, v. 49, n. 1, p. 5-9, jan. 2001.

ZIMMERMANN, Narjara. Para além da seleção natural: algumas considerações sobre as contribuições de 'Darwin como Geólogo' para o ensino de Biologia. **Terrae**, v. 9, n. 1-2, p. 2-11, 2012.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS
INSTITUTO DE FÍSICA
Campus Universitário de Ondina, 40210-340, Salvador, Bahia, Brasil
Telefone: (71) 3283-6608 / Fax: (71) 3283-6606 / E-mail: ppefhc@gmail.com

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012-CNS/CONEP)

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar do estudo “TEMPO GEOLÓGICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CRIAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A HISTÓRIA DA TERRA” que tem como objetivo investigar as características que uma sequência didática deve possuir para promover a compreensão adequada de Tempo Geológico por estudantes do ensino básico. Acreditamos que essa pesquisa seja importante porque poderá auxiliar o desenvolvimento de intervenções educacionais e recursos didáticos sobre Tempo Geológico na Educação Básica brasileira.

PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO

- O estudo será realizado na sala de aula da turma no horário da disciplina Biologia, ocorrerá durante nove aulas de Biologia referentes à Unidade “Origem da Vida”. Portanto, não há necessidade de mobilização ou transporte da escola e não haverá custos adicionais aos participantes.
- Os estudantes deverão participar normalmente das aulas e realizar as atividades e avaliações propostas pela professora. Ocasionalmente, se aceitarem participar da pesquisa, deverão responder um questionário com perguntas sobre os assuntos a serem desenvolvidos na aula. Este questionário não tem caráter avaliativo e não corresponderá à nota da disciplina.
- Durante a investigação, os estudantes estarão sob responsabilidade da professora de Biologia da turma, Ruth Rocha, e serão acompanhados também pela pesquisadora, Rafaela Chaves.

RISCOS E BENEFÍCIOS

- Não há previsão de riscos que essa pesquisa possa acarretar aos participantes, pois a investigação acontecerá na sala de aula e serão utilizados materiais do próprio cotidiano escolar.
- Não deixamos de considerar os possíveis desconfortos gerados pelo processo de pesquisa: a presença da pesquisadora em sala de aula, as gravações audiovisuais da aula e a resolução de questionários, situações que podem produzir certo constrangimento, angústia ou ansiedade nos estudantes. Para minimizar estes desconfortos, evitaremos ao máximo alterar o cenário “normal” de sala aula, posicionando os aparelhos de gravação em locais que não atrapalhem ou intimidem os estudantes e inserindo os questionários, quando possível, como atividades de avaliação corriqueiras da unidade.
- Esta pesquisa poderá beneficiar vários atores sociais, desde os envolvidos diretamente, como a professora e os estudantes, até outros professores e pesquisadores, que poderão utilizar nossos resultados para desenvolverem outras estratégias de ensino.

- Para os estudantes, a participação na pesquisa implica em possível ampliação do conhecimento sobre conteúdos de Geociências e sobre a história evolutiva do planeta Terra, temas que, normalmente, não costumam ser aprofundados na Educação Básica. Os conteúdos trabalhados poderão ser explorados em contexto escolar futuro, facilitando a compreensão de temas de Biologia, e podem ser requeridos em provas de seleção para ingresso no nível superior.
- Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Poderá desistir de participar a qualquer momento, sem que isso implique em perda de benefícios.

SIGILO E PRIVACIDADE

A privacidade do(a) estudante será respeitada, o nome ou qualquer outro dado que possa identifica-lo(a) será mantido em sigilo.

Será assegurada a confidencialidade e a privacidade das informações obtidas e partir de qualquer método empregado:

- Somente a pesquisadora responsável terá acesso ao material audiovisual produzido, que é de uso exclusivo para fins da pesquisa;
- O registro documental (avaliações, exercícios, questionários) será manipulado apenas pela professora da turma e pela pesquisadora responsável;
- Todos os registros serão devidamente arquivados após a análise;
- As imagens obtidas durante as gravações não serão veiculadas publicamente;
- No relatório de pesquisa final e em prováveis comunicações em eventos científicos, serão publicados apenas excertos de falas, identificados apenas por códigos ou nomes fictícios.

AUTONOMIA

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências antes, durante e depois da participação na pesquisa.

O estudante pode se recusar a participar do estudo ou retirar o consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerá qualquer prejuízo.

CONTATO

A pesquisadora responsável pela investigação é Rafaela Santos Chaves e, se desejar, poderá entrar em contato através dos telefones (71) 99933-3817 ou (71) 99169-7234, ou através do e-mail: rafaschaves@gmail.com.

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) é composto por um grupo de pessoas que estão trabalhando para garantir que seus direitos como participante de pesquisa sejam respeitados. Ele tem a obrigação de avaliar se a pesquisa foi planejada e se está sendo executada de forma ética. Se você achar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você imaginou ou que está sendo prejudicado de alguma forma, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa - Escola de Enfermagem da UFBA, Rua Augusto Viana, s/n, Sala 435 - Canela-Salvador, Bahia- Brasil - telefone: (71) 3283-7615, e-mail: cepee.ufba@ufba.br.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS
INSTITUTO DE FÍSICA
Campus Universitário de Ondina, 40210-340, Salvador, Bahia, Brasil
Telefone: (71) 3283-6608 / Fax: (71) 3283-6606 / E-mail: ppefhc@gmail.com

DECLARAÇÃO

Eu, _____,
identidade número _____, CPF número _____,
residente em _____,
responsável pelo(a) estudante _____,
declaro que li e entendi todas as informações presentes neste **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** e tive a oportunidade de discutir as informações contidas neste termo. Entendo que receberei uma via assinada e datada deste documento e que outra via assinada e datada será arquivada pelo pesquisador responsável do estudo.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de tudo aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico a receber ou a pagar por minha participação.

Salvador, _____ de _____ de 2016.

Assinatura do participante da pesquisa (ou responsável)

Assinatura do pesquisador

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS
INSTITUTO DE FÍSICA
Campus Universitário de Ondina, 40210-340, Salvador, Bahia, Brasil
Telefone: (71) 3283-6608 / Fax: (71) 3283-6606 / E-mail: ppefhc@gmail.com

USO DE IMAGEM E DOCUMENTOS

Eu, _____,
identidade número _____, CPF número _____,
depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e
benefícios desta pesquisa, ciente da necessidade do uso da imagem e/ou depoimento do
estudante, especificados no **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** (TCLE),
AUTORIZO, através do presente termo, a pesquisadora Rafaela Santos Chaves, do
projeto de pesquisa intitulado “TEMPO GEOLÓGICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA:
CRIAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
SOBRE A HISTÓRIA DA TERRA” a utilizar para fins de pesquisa vídeos, imagens, fotos,
gravação de áudios e qualquer outro tipo de documento que se façam necessárias e/ou a
colher depoimentos sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Salvador, _____ de _____ de 2016.

Assinatura do participante da pesquisa (ou responsável)

Assinatura do pesquisador

Apêndice B - Mapa de atividades da sequência didática (1º protótipo de aplicação)

AULA 1 – A idade da Terra (20/09/2016)					
Tempo	Atividade desenvolvida	Temas principais	Ação da professora	Ação dos estudantes	Comentários
0'00"-1'08"	Introdução à aula	Advertência sobre entrega de TCLE pendentes	Professora inicia a aula lembrando aos estudantes que entreguem os termos (TCLE) caso ainda estejam devendo.		
1'09"-2'46"	Discussão sobre a idade da Terra	A idade do planeta	<p>A docente chama a atenção de alguns estudantes que estão fazendo barulho;</p> <p>A professora faz a leitura das questões estimuladoras projetadas no quadro, entre elas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Qual a idade da Terra? - Como sabemos a idade da Terra? - Os rios, mares, lagos e continentes da Terra possuem a mesma idade? 	<p>Alguns estudantes dispersos conversam atrapalhando a aula;</p> <p>Estudante 1 ("Gustavo") responde algumas questões (a maioria de forma equivocada), é o único que participa ativamente;</p> <p>Estudante 2 ("Eric") auxilia o raciocínio do colega;</p> <p>Turma, em geral, só observa a professora.</p>	<p>Professora não corrige o estudante que responde as questões de maneira equivocada;</p> <p>Professora não explora as ideias apresentadas pelos estudantes;</p> <p>Professora não estimula a participação da turma, está muito presa à leitura das questões norteadoras projetadas no quadro;</p> <p>Turma não participa;</p> <p>Não ocorreu discussão ou debate sobre a idade da Terra.</p>

2'47"-7'10"	Introdução à aula de Geologia	Conhecimentos introdutórios de Geologia.	Faz algumas perguntas básicas aos estudantes sobre rochas com a intenção de sondar os conhecimentos prévios dos estudantes, mas eles não respondem e a docente inicia a exposição do conteúdo; Vice-diretor interrompe a aula para uma comunicação breve com a professora e solicita a liberação de alguns estudantes do grêmio estudantil. A docente então interrompe a aula e se dirige à pesquisadora para explicar a situação.	Nenhuma interação durante a exposição da professora.	A pesquisadora aproveita que a docente interrompeu a aula e solicita que a professora retome a discussão sobre a idade da Terra.
7'11"- 14'59"	Discussão sobre a idade da Terra	A idade do planeta	Retoma as questões motivadoras projetadas no slide, mas como a maioria dos alunos não responde alto, a docente adota a estratégia de perguntar diretamente a alguns alunos, chamando-os pelo nome; A professora faz as perguntas e aguarda as respostas dos alunos.	Baixa interação. Apenas um estudante responde as questões em voz alta, mas a maioria especula baixo, sem iniciar uma discussão em grupo; Os estudantes que participam da aula, quando perguntados pela professora sobre a idade da Terra, passam a chutar aleatoriamente idades na casa de	A professora não estimula o desenvolvimento das ideias apresentadas pelos alunos e não corrige as colocações equivocadas; As sugestões de idades da Terra dadas pelos estudantes correspondem ora a milhões, ora a bilhões de anos; Não há discussão ou debate, sim um questionário

			<p>Passa para a pergunta seguinte caso não obtenha retorno e não oferece uma explicação para as questões que apresenta;</p> <p>A docente sustenta a ideia levantada por um dos estudantes (e consentida pela turma) de que a datação por Carbono 14 é um método para determinar a idade do planeta;</p> <p>Professora encerra “discussão” sem conclusão e inicia tema da aula seguinte.</p>	<p>milhões ou bilhões;</p> <p>Um estudante sugere que um dos métodos para afirmar a idade da Terra é a datação por Carbono 14 e os demais colegas concordam.</p>	<p>oral em que poucos alunos participam.</p>
AULA 2 – Princípios básicos de Geologia (20/09/2016)					
Tempo	Atividade desenvolvida	Temas principais	Ação da professora	Ação dos estudantes	Comentários
15'00"- 46'00	Aula expositiva de Geologia	Conhecimentos básicos de Geologia: Rochas, minerais, diagênese, tipos de rocha, ciclo das rochas.	<p>Projeção da aula no quadro e exposição do conteúdo;</p> <p>A professora apresenta a definição de minerais e rocha;</p> <p>Docente caracteriza rochas ígneas, metamórficas e</p>	<p>Pouca intervenção durante a exposição da professora, limitaram-se a retirada de dúvidas sobre a explicação ou sobre as amostras de rocha;</p> <p>Manuseio e observação das peças do kit didático</p>	<p>Professora não explicou as amostras de rochas que entregou à turma. Não identificou, não caracterizou e nem orientou os estudantes sobre o que deveriam observar nas peças;</p> <p>Durante a maior parte da interação dos alunos com as</p>

			<p>sedimentares;</p> <p>Professora explica as deformações que podem alterar as rochas;</p> <p>A docente resume o ciclo das rochas com o apoio de um esquema projetado no quadro;</p> <p>Professora passa peças do kit didático de rochas para que os alunos explorem o material;</p> <p>Esclarecimento de dúvidas dos estudantes sobre o conteúdo apresentado ou sobre as amostras de rochas.</p>	de rochas.	<p>amostras de rochas a aula estava em suspensão (não havia exposição da professora), que além de preparar o material, estava muito preocupada que todos tivessem acesso a ele;</p> <p>Turma indiferente à aula.</p>
46'01–57'32''	Intervalo		Professora libera alguns estudantes para irem ao banheiro e faz chamada.		O barulho externo obriga a professora a realizar um intervalo, embora as aulas de Biologia sejam geminadas.
57'33''-1h00'20''	Conclusão e retirada de dúvidas	Conhecimentos básicos de Geologia	A professora faz algumas perguntas provocativas sobre o conteúdo dado para estimular a participação dos estudantes.	Poucos alunos respondem às questões feitas pela professora.	Turma indiferente à aula.
1h00'21''-1h31'33''	Atividade investigativa em	Tipos de rochas	Preparação do material; Apresentação da	Manuseio e observação das amostras de rochas;	Os estudantes se envolveram na atividade,

	grupos sobre origem das rochas		atividade; Organização dos estudantes em grupos; Distribuição das amostras de rochas entre os grupos; Orientação dos estudantes durante a atividade.	Discussão em grupos; Escrita de texto em grupo explicitando o tipo de rocha da amostra recebida e descrevendo sua formação.	mas não houve tempo para que apresentassem suas respostas à turma, portanto, a professora corrigiu as atividades grupo a grupo.
AULA 3 – Princípios básicos de Paleontologia (27/09/2016)					
Tempo	Atividade desenvolvida	Temas principais	Ação da professora	Ação dos estudantes	Comentários
0'00"-0'35"	Introdução à aula	Definição de Paleontologia	Projeção de slide e explicação da etimologia da palavra "Paleontologia".	Observação do slide e acompanhamento da explicação.	
0'36"-5'10"	Conceituação de "fóssil".	Conceito de fóssil	A professora projeta imagens variadas de fósseis diversos e não-fósseis (rocha com marcas de ondas, sapo recente dessecado, restos mortais humanos em cemitério e mumificados, lobo da tasmânia – extinto em 1936) e pergunta aos estudantes se os registros correspondem	Apesar de demonstrarem interesse na observação das imagens de fósseis ou não no slide, os estudantes participam timidamente, limitando-se a dizerem "sim" ou "não" quando a docente questiona se as imagens representam fósseis ou não; Afirmam que um registro	Durante a conceituação de "fóssil", a professora passa a ideia de que fóssil é todo resto ou vestígio que tenha mais de 11.700 anos; A professora empregou o termo "holoceno", presente também no slide, mas não apresentou o significado aos estudantes.

			<p>a fósseis ou não;</p> <p>Não explica ou justifica porque os registros são ou não são fósseis.</p> <p>Reforça que a idade do registro (11.700 anos) é o critério único que determina o que é ou não fóssil.</p>	<p>é um fóssil porque possui mais de 11.700 anos e não é um fóssil se possui menos que 11.700 anos.</p>	
5'11"-36'30"	Aula expositiva de Paleontologia	<p>Conhecimentos básicos de Paleontologia:</p> <p>Tipos de fósseis, fossilização e fossildiagnêse</p>	<p>Projeção de slide no quadro e exposição do conteúdo;</p> <p>Docente apresenta os conceitos de somatofóssil, icnofóssil, subfóssil, pseudofóssil e fóssil-vivo;</p> <p>A professora lê os conceitos, mas não explica;</p> <p>Professora sempre chamando a atenção dos estudantes para a visualização das imagens projetadas;</p> <p>Durante a conceituação de "subfósseis", um estudante pergunta se os sambaquis (que aparecem em um slide) são fósseis. A professora explica que não, que são</p>	<p>Estudantes reclamam da dificuldade de visualização da projeção;</p> <p>Baixa interação, restringe-se a retirada de dúvidas sobre conteúdo e respostas curtas para questionamentos simples da professora;</p> <p>Os alunos iniciaram uma breve discussão sobre o que seria uma das imagens de pseudofóssil projetadas;</p> <p>Metade dos alunos alheia à aula, convesando bastante.</p>	<p>Os estudantes que prestam atenção à aula participam apenas observando a projeção e escutando a professora, que não estimula a fala dos alunos. Nas ocasiões em que a professora abre espaço para que os alunos apresentem suas ideias (como durante a caracterização de pseudofósseis), há maior envolvimento da turma;</p> <p>Os discentes respondem as perguntas da professora utilizando termos e conceitos que observam nos slides, não pensam a respeito e formulam respostas com suas próprias palavras;</p> <p>Durante a explicação sobre os tipos de fossilização os alunos estavam completamente dispersos, a</p>

			<p>subfósseis, mas que, se depositados hoje, dentro de 11.700 anos poderão ser fósseis;</p> <p>A docente explica as etapas do processo de fossilização;</p> <p>A professora exemplifica e faz uma breve explicação sobre os tipos de fossilização.</p>		professora estava praticamente falando sozinha (conteúdo desnecessário?).
36'30'-39'30"	Observação de réplicas de fósseis	Fósseis	<p>A professora organizou réplicas de fósseis numa mesa e solicitou que os estudantes, dois a dois, se levantassem e interagissem com o material;</p> <p>A docente manteve-se próxima à mesa para tirar dúvidas dos alunos sobre as peças.</p>	Se dirigiram em duplas para a mesa contendo as réplicas de fósseis e observaram e manusearam as réplicas. Em caso de dúvidas, perguntavam à professora. O resto da turma permaneceu alheio à aula, aguardando a vez.	A atividade não envolveu toda a turma, que logo se desinteressou e iniciou outras tarefas: conversas em grupo, interação com o celular, dormir. Alertada pela pesquisadora sobre a escassez de tempo para o desenvolvimento da atividade seguinte, a professora encerrou esta atividade.
39'31"-1h08"00"	Atividade investigativa "O Mistério de Lyuba"	Paleontologia: métodos, procedimentos e importância da ciência; fossilização.	<p>Organização dos estudantes em grupos;</p> <p>A professora projetou o slide com imagens, informações e dados de pesquisa sobre a descoberta da mamute Lyuba na Sibéria e discorreu sobre a</p>	<p>Alguns estudantes anotam as informações que a professora dá durante a apresentação da investigação;</p> <p>As equipes solicitaram a assistência da professora para a retirada de dúvidas</p>	<p>Muita conversa quando os grupos foram formados. Alguns alunos pediram que a professora chamasse a atenção de quem estava fazendo barulho;</p> <p>Muitos estudantes não prestaram atenção às informações sobre a</p>

			<p>investigação paleontológica que possibilitou a reconstrução da história de morte e fossilização da mamute sem apresentar as conclusões da equipe de pesquisa;</p> <p>Apresentação da atividade (Ver Quadro 1 – Aula 3);</p> <p>Orientação dos estudantes, grupo a grupo, durante a atividade;</p> <p>No final da atividade, apresentou o resultado da equipe de pesquisa que investigou a história de Lyuba e apresentou no slide, de acordo com estas informações, a história de morte e fossilização da mamute.</p>	<p>sobre a atividade e sobre os dados apresentados;</p> <p>Discussão de hipóteses em grupos;</p> <p>Apresentação de conclusão da equipe para a turma. As conclusões foram muito simples e não houve discussão com a turma;</p> <p>Na apresentação dos resultados da investigação pela professora, os estudantes prestaram atenção na expectativa de saberem se acertaram ou não. Os estudantes dos grupos que acertaram ou se aproximaram do resultado correto ficaram visivelmente satisfeitos.</p>	<p>investigação apresentadas pela professora no começo da atividade, provavelmente, porque não compreenderam que seriam úteis para a realização da atividade em grupo;</p> <p>A maioria dos estudantes estava perdida em relação aos objetivos da tarefa e como atingí-los, portanto, solicitaram bastante a assistência da professora;</p> <p>Não ocorreu discussão da turma durante a apresentação das conclusões de cada grupo. Professora não estimulou o debate de ideias, cobrou apenas a apresentação da conclusão. O tempo curto talvez tenha influenciado essa atitude.</p>
1h08'01"- 1h15'31"	Apresentação da atividade individual investigativa extra-classe "Eu, Paleontólogo"	Atividade "Eu, Paleontólogo"	A professora apresentou a atividade (Ver Quadro 1 – Aula 3), explicou os objetivos, o prazo para entrega e forneceu as folhas de resposta para cada aluno;	Os estudantes receberam as réplicas e já começaram a conversar entre si discutindo hipóteses.	

			<p>A pesquisadora distribuiu aleatoriamente as réplicas de fósseis, uma réplica para cada estudante, para a realização da atividade;</p> <p>A professora tirou as dúvidas dos estudantes sobre a tarefa.</p>		
AULA 4 – Princípios básicos de Estratigrafia (11/10/2016)					
Tempo	Atividade desenvolvida	Temas principais	Ação da professora	Ação dos estudantes	Comentários
00'00"-06'00	Introdução à aula	Advertência sobre entrega da atividade "Eu, Paleontólogo"	Professora inicia a aula cobrando dos estudantes a entrega da atividade "Eu, Paleontólogo", que foi passada na aula anterior e vai de mesa em mesa recolhendo a folha de respostas.	Parte estudantes entregou a atividade, mas alguns solicitaram um prazo maior, pois alegaram não terem conseguido fazer ainda porque é uma atividade muito difícil.	A aula iniciou com um atraso significativo. Os estudantes estão envolvidos em uma atividade de outra disciplina que é para ser entregue neste dia, portanto, continuam fazendo o exercício da outra disciplina mesmo após ter iniciado a aula de Biologia.
06'00-36'48"	Aula expositiva de Estratigrafia	Princípios básicos de Estratigrafia e Geocronologia	<p>Projeção de slide no quadro e exposição do conteúdo;</p> <p>A professora apresenta o Princípio do Atualismo e explica a Lei de Superposição de Camadas;</p>	<p>Os estudantes dividem a atenção entre assistir a aula da professora e fazer o exercício da outra disciplina;</p> <p>Nenhuma interação significativa durante a aula.</p>	<p>A professora está muito presa aos slides, explicando-os sem abrir espaço para que os estudantes também possam contribuir ou expressar dúvidas;</p> <p>Professora não relaciona os conteúdos da aula. De fato,</p>

			<p>Chama constantemente a atenção dos alunos para a observação das imagens e esquemas que explicam a Lei de Superposição de Camadas, algumas vezes perguntando aos alunos o que eles conseguem perceber;</p> <p>A docente fala sobre correlação estratigráfica;</p> <p>A professora explana rapidamente o que é datação relativa e utiliza imagens e esquemas para orientar o entendimento dos estudantes, mas explica todas as imagens, não pede que os alunos tentem interpretá-las;</p> <p>A explicação sobre datação absoluta também é muito rápida;</p> <p>A docente apresentou e tentou chamar a atenção dos alunos para a escala do tempo geológico perguntando onde o surgimento do homem estaria situado no gráfico, mas os alunos</p>		<p>a aula está confusa, pois não há conexão clara entre os conceitos e explicações;</p> <p>A Escala do Tempo Geológico foi apresentada pela primeira vez, mas não foi contextualizada na aula, a professora não explicou o que ela significa e o que representam suas subdivisões.</p> <p>.</p>
--	--	--	---	--	---

			não souberam responder; A professora faz perguntas básicas ao final da aula sobre o conteúdo ministrado, mas os alunos não conseguem responder.		
AULA 5 – O planeta Terra (11/10/2016)					
Tempo	Atividade desenvolvida	Temas principais	Ação da professora	Ação dos estudantes	Comentários
36'49-47'00''	Aula expositiva sobre a dinâmica da Terra	Caracterização e dinâmica do planeta Terra	<p>Projeção de slide no quadro e exposição do conteúdo;</p> <p>A professora inicia a aula fazendo perguntas sobre a origem do planeta Terra, estimulando a participação dos estudantes, que estão indiferentes à aula. Após um tempo, segue com a aula expositiva sem diálogo;</p> <p>A professora explica a origem da Terra e apresenta o perfil do planeta: composição, formato, características;</p> <p>A professora reclama</p>	<p>No começo alguns estudantes interagem, estimulados pelas perguntas da professora, respondendo e discutindo as questões apresentadas;</p> <p>Baixa interação.</p>	A docente apresenta as características do planeta Terra, mas não explica porque é assim.

			que os estudantes estão fazendo a atividade da outra disciplina e não prestam atenção à aula e pede que guardem o material de Matemática.		
47'01-56'37"		Tectônica de Placas	<p>A professora projeta fotografias de desastres naturais (terremoto e tsunami) na tentativa de iniciar uma discussão na turma sobre as causas destes eventos, como os alunos não participam, ela mesma oferece as respostas;</p> <p>Projeção de slide no quadro e exposição do conteúdo;</p> <p>A professora explica como as placas tectônicas se movimentam e os tipos de atrito entre placas.</p>	<p>Os alunos interagem pouco, não contribuem e não há discussão;</p> <p>Quando a professora pergunta se há dúvidas, ninguém tem.</p>	Os alunos não estão acompanhando a aula, as tentativas da professora de envolvê-los são infrutíferas, assim, ela segue com a aula expositiva não dialógica para concluir a aula.
AULA 6 – Construção da linha do tempo da Terra (18/10/2016)					
Tempo	Atividade desenvolvida	Temas principais	Ação da professora	Ação dos estudantes	Comentários
00'00-07'44"	Introdução à aula	Advertência sobre entrega da atividade "Eu,	A docente recolheu as atividades "Eu, Paleontólogo" que foram	Maior parte dos estudantes não estava atenta à explicação da	Antes da aula o material necessário para a atividade foi preparado: os murais

		<p>Paleontólogo”;</p> <p>Preparação e apresentação da atividade de construção da linha do tempo.</p>	<p>entregues pelos estudantes que pediram um prazo maior para a realização da tarefa;</p> <p>A professora informa os estudantes que a Escala do Tempo Geológico está representada nas linhas do tempo dispostas em murais na parede da sala de aula;</p> <p>A docente explicou brevemente as subdivisões da Escala do Tempo Geológico. Ela repete a explicação outras duas vezes, uma vez para contemplar alunos que chegaram após o início da aula e outra vez porque a turma avisou que não entendeu a explicação;</p> <p>A professora solicitou que os estudantes se dividissem em três grupos de dez alunos e que se dispusessem próximos aos murais com as linhas do tempo;</p> <p>A docente então explicou muito rapidamente aos estudantes a atividade</p>	<p>professora;</p> <p>Organização em três grandes grupos para a realização da atividade;</p> <p>Enquanto a professora ajuda os grupos a se organizarem, uma estudante do Grupo 2 dirige-se ao computador da professora para colocar um slide que contém uma representação da escala do tempo geológico que indica os principais acontecimentos da história da Terra. A estudante fotografa este slide e sai. Outros alunos vêem a ação da colega e tentam fazer o mesmo, mas a professora é alertada e impede;</p> <p>Os estudantes foram ao encontro da professora muitas vezes para tirar dúvidas sobre o que deveriam fazer;</p>	<p>com as linhas do tempo foram fixados na parede da sala de aula e as cartas de eventos e fitas adesivas foram disponibilizadas em mesas próximas para a utilização dos estudantes durante a atividade;</p> <p>O começo da atividade foi bastante desorganizado, os estudantes não receberam instruções objetivas.</p>
--	--	--	---	---	---

			que seria realizada durante a aula.		
07'45-39'50"	Construção da linha do tempo da história da Terra	História da Terra	<p>A professora acompanhou a construção das linhas do tempo e, grupo a grupo, quando solicitada, tirou as dúvidas dos estudantes;</p> <p>A docente foi de grupo em grupo motivando os alunos e tirando dúvidas, mas não interferiu na construção das linhas do tempo;</p> <p>Finalizado o tempo inicialmente proposto para a atividade (30min), a professora não conseguiu convencer os estudantes a encerrarem imediatamente.</p>	<p>Os estudantes discutiram bastante dentro dos grupos para a construção das linhas do tempo;</p> <p>Alguns estudantes ficaram à parte e não se juntaram a nenhuma equipe. A professora tentou motivá-los e os colocou junto a uma as equipes;</p> <p>Dois grupos (Grupo 1 e 3) optaram por dispor as cartas de acontecimentos nas linhas do tempo após discussão e consenso entre os membros da equipe. O Grupo 2 distribuiu as cartas entre os membros da equipe e cada um foi posicionando as cartas da forma que julgaram melhor, isso após uma das estudantes da equipe, a que tirou a fotografia do slide, ter colocado as cartas de acontecimentos de</p>	<p>No início, os alunos solicitaram com frequência a assistência da professora, mas depois de um tempo ficaram mais independentes;</p> <p>A atividade foi barulhenta, mas as conversas eram, em sua maioria, discussões entre os estudantes sobre como ordenar as cartas nas linhas do tempo;</p> <p>A maioria dos alunos se envolveu bastante na atividade;</p> <p>O Grupo 2 foi o mais lento na realização da atividade - os membros da equipe ficaram mais preocupados em construir a linha do tempo de acordo com a imagem que captaram do slide da professora e não se envolveram em discussões para tentar acordar a ordenação dos eventos que não estavam representados na imagem "pescada";</p> <p>Como os estudantes não conseguiram concluir a construção das linhas do</p>

				acordo com o que observou na fotografia; Alguns alunos tentaram fazer pesquisas no celular ou olharam os murais dos outros grupos para tentar ajudar na construção das linhas do tempo de suas equipes.	tempo durante o tempo proposto previamente, a atividade se prolongou alguns minutos, até que finalizassem os murais.
AULA 7 – A História da Terra (18/10/2016)					
Tempo	Atividade desenvolvida	Temas principais	Ação da professora	Ação dos estudantes	Comentários
39'51-1h06'09''	Narrativa da História da Terra	História da Terra: Pré-Cambriano e Proterozoico	A professora prepara a projeção dos slides para auxiliar a narrativa da história da Terra; A docente informa aos estudantes que, na medida em que a história é contada, eles podem levantar e alterar a linha do tempo se sentirem necessidade de corrigir algum equívoco; A professora pergunta se os estudantes estão conseguindo visualizar bem as imagens e eles afirmam que não. Ela faz alguns ajustes no	A maior parte dos estudantes presta atenção na exposição da professora e nas imagens projetadas; Alguns estudantes já levantam e ficam próximos de seus murais com a linha do tempo a fim de corrigi-los quando necessário; Estudantes interagem mais na aula: fazem perguntas, tiram dúvidas e respondem questões que a professora coloca; Quando percebem que	Mais uma vez, os alunos alegam dificuldade em visualizar os slides. O projetor fica muito próximo do quadro, portanto, o slide projetado fica pequeno; além disso, a luminosidade atrapalha a visualização; A professora tem muita dificuldade em manter o formato de narrativa para a história da Terra, por fim, não ocorre uma “contação de história”, mas sim uma aula expositiva tradicional; A professora não explica muitos conceitos e termos novos: anóxida/reutora

			<p>projeto para minimizar os problemas;</p> <p>A professora interrompe sua exposição quando os alunos levantam para corrigir a linha do tempo;</p> <p>A professora lê os acontecimentos dos slides para auxiliar os estudantes que estão fazendo as modificações nas linhas do tempo;</p> <p>A professora não contextualiza o surgimento dos grandes grupos de organismos quando cita estes acontecimentos durante a aula;</p> <p>A encerrar a primeira parte da história da Terra, a professora se dirige aos murais com as linhas do tempo e auxilia os estudantes que estão em dúvida em relação às alterações;</p> <p>Ao encerrar a aula, a professora avisa aos estudantes que na aula seguinte a história da Terra vai continuar de onde parou e os murais</p>	<p>ordenaram um acontecimento na posição correta em suas linhas do tempo, os alunos comemoram;</p> <p>Os alunos também conversam entre si para acordar mudanças na linha do tempo, o que acaba deixando a aula mais barulhenta;</p> <p>Quando a professora para a exposição para auxiliar os estudantes que fazem as alterações, os alunos que não estão envolvidos nesta tarefa se dispersam.</p>	<p>(sobre a atmosfera), estromatólitos, cianobactérias, Fauna de Ediacara);</p> <p>Após um tempo, a não ser os estudantes que estão engajados em modificar as linhas do tempo, toda a turma está dispersa e alheia à aula;</p> <p>A professora se dirige à pesquisadora e pergunta se a atividade está acontecendo conforme o planejado. A docente pede orientação à pesquisadora para o desenvolvimento da atividade. A pesquisadora fica desconfortável em intervir ou comentar.</p>
--	--	--	--	--	--

			serão novamente fixados à parede para correção.		
AULA 8 / 9 – A História da Terra (25/10/2016)					
Tempo	Atividade desenvolvida	Temas principais	Ação da professora	Ação dos estudantes	Comentários
00'00-15'00"	Introdução à aula	Preparação de linhas do tempo e advertência sobre entrega da atividade “Eu, Paleontólogo” e TCLE.	<p>A professora pede aos estudantes que verifiquem nos murais de cada grupo se as linhas do tempo estão como os grupos deixaram na aula anterior;</p> <p>A professora alerta que só receberá as atividades “Eu, Paleontólogo” e os TCLE (dos estudantes que não preencheram o documento corretamente) até o dia seguinte;</p> <p>A docente faz chamada e atende dúvidas dos estudantes, um a um, sobre a entrega de atividades, dúvidas sobre o preenchimento dos TCLE e avaliações da unidade.</p>	Os estudantes estão inquietos, conversam bastante.	Antes da aula o material necessário para a atividade foi preparado: os murais com as linhas do tempo construídas anteriormente foram recolocados na parede da sala de aula, sem alterações após as últimas correções feitas pelos grupos, para que os estudantes possam prosseguir com as correções durante a aula.

15'01-54'50"	Narrativa da História da Terra	História da Terra: Fanerozoico	<p>Projeção de slide no quadro e exposição do conteúdo;</p> <p>A professora não apresenta a história da Terra no formato narrativo, mas sim como uma aula expositiva, seguindo a tendência que se sobressaiu na aula anterior;</p> <p>A professora avisa aos estudantes que durante a aula eles podem fazer alterações nas linhas do tempo que construíram caso sintam necessidade;</p> <p>Quando percebe que alguns estudantes estão desatentos à narração, voltados para os murais com as linhas do tempo, alguns fazendo pesquisa no celular, a professora alerta que apenas um representante de cada grupo pode ficar junto aos murais de linhas do tempo para fazer as alterações;</p> <p>A professora se preocupa bastante em</p>	<p>Os estudantes fazem silêncio após algum tempo de início da narração, mas poucos prestam atenção de fato à exposição da professora;</p> <p>Com o alerta da professora, representantes de cada grupo se levantam e dirigem-se aos respectivos murais a fim de alterarem as linhas do tempo de acordo com o andamento da aula;</p> <p>Alguns estudantes chamam a atenção da professora para que ela explique o que são alguns organismos que aparecem nos slides. Um estudante levanta e tenta ajeitar o projetor para melhorar a projeção no quadro;</p> <p>Parte dos estudantes fica virada para os murais com as linhas do tempo, não na direção da projeção e da professora;</p> <p>Alguns alunos reclamam</p>	<p>A professora iniciou a aula com a turma ainda muito inquieta, sem informar aos estudantes que continuaria a narrativa iniciada na aula anterior, sem os alertar que poderiam continuar as alterações nas linhas do tempo dos grupos – fazendo isso após já ter introduzido o assunto;</p> <p>A professora não explica conceitos e termos novos: Fauna Tomotiana, “explosão do cambriano”, briófitas, “plantas vasculares”, pteridófitas, angiospermas, entre outros, e comete um equívoco conceitual ao afirmar que tetrápodes são os primeiros anfíbios;</p> <p>As imagens que representam organismos e ambientes do passado chamam a atenção dos estudantes, que vez ou outra pedem que a professora explique o que representam;</p> <p>Os acontecimentos que marcam a história da Terra são apresentados sem que fique clara a conexão entre eles para o desenvolvimento</p>
--------------	--------------------------------	--------------------------------	---	--	--

			<p>nomear os períodos que vai descrever, mas não faz as marcações temporais que definem os limites desses intervalos;</p> <p>Após apelo dos alunos, a professora dá um intervalo de 5 minutos.</p>	<p>com a professora que os colegas estão fazendo muito barulho e, assim, não conseguem escutar a exposição da professora;</p> <p>Um dos estudantes diz a professora que não está entendendo nada, uma colega concorda. A professora não responde e continua a aula;</p> <p>Na metade da aula, apenas os estudantes que fazem alterações nas linhas do tempo estão de fato atentos à exposição da professora;</p> <p>Uma estudante questiona se este assunto cairá na avaliação da 4ª Unidade, a professora afirma que sim, já que o conteúdo faz parte desta unidade didática e algumas questões referentes às aulas desta sequência didática fariam parte da 4ª prova. Alguns alunos se espantam e reclamam. O estudante que alegou anteriormente não estar</p>	<p>de uma história única, singular;</p> <p>A turma parece não estar conseguindo acompanhar a história, os poucos estudantes que prestam atenção à aula apresentam olhares confusos;</p> <p>A professora parece estar dando aula apenas aos estudantes que estão fazendo as modificações nas linhas do tempo e com foco neste objetivo, alertando quando um evento significativo representado nas cartas ocorre e concedendo tempo para que eles façam as alterações necessárias;</p> <p>Diante da dúvida do estudante sobre a ausência do Mesozoico na linha do tempo, a professora interrompe a aula e se dirige à pesquisadora perguntando se não estaria faltando uma das fitas do recurso didático.</p>
--	--	--	--	--	---

				<p>entendendo a aula diz, chateado, que, nesse caso, a professora deveria dar novamente todas aulas. A professora não argumenta e segue com a aula;</p> <p>Um estudante que está modificando a linha do tempo do grupo pede que a professora volte um slide para que ele possa verificar uma informação antes de alterar seu mural. A professora acata;</p> <p>Este mesmo estudante disse que o “Mesozoico” não estava representado na linha do tempo, portanto, não sabia onde reposicionar uma de suas cartas no mural do grupo. A professora foi conferir a linha do tempo da equipe e não soube como orientar o aluno¹;</p> <p>Um aluno questiona que a professora já falou que quatro extinções em massa ocorreram, mas eles só têm duas cartas de extinção em massa</p>	
--	--	--	--	--	--

				<p>para alocarem na linha do tempo;</p> <p>Os estudantes pedem para beber água e insistem por um intervalo.</p> <p>¹A linha do tempo apresenta o mesozoico dividido em Triássico, Jurássico e Cretáceo – assim, não há marcação do nome da era, mas sim dos seus períodos.</p>	
54'51– 1h01'40''	Intervalo			Os estudantes que estão alterando as linhas do tempo tiram dúvidas sobre as cartas com a professora.	A pesquisadora aproveita o intervalo e conversa com a professora que, diante da prorrogação da aula sobre a história da Terra para além do tempo estimado, invadindo o tempo da aula seguinte, não haverá oportunidade para a realização da Aula 9 (Leitura e discussão em grupos de texto de divulgação científica sobre um novo período chamado Antropoceno).
1h01'41''– 1h13'31''	Narrativa da História da Terra	História da Terra: Fanerozoico	A professora apresenta hipóteses para justificar a extinção dos dinossauros no final do Mesozoico, mas não promove um debate ou discussão sobre as	Estudantes dispersos, não prestam atenção na exposição da professora; Um dos alunos pergunta se uma das imagens apresentadas no slide sobre evolução do	A turma está dispersa, a aula está monótona. Quando a professora narra a extinção do final do Cretáceo e apresenta hipóteses para a extinção dos dinossauros, os

			<p>ideias;</p> <p>A docente interrompe diversas vezes sua exposição para pedir silêncio à turma;</p> <p>Devido ao pouco tempo de aula que resta, a professora está falando mais rápido, avançando depressa com o conteúdo, sem explorar temas que despertaram a atenção de alguns estudantes, como as “eras do gelo” e a evolução do homem;</p> <p>A professora encerra a exposição após apresentar a evolução do homem;</p> <p>A professora entrega a atividade de Reconto da História da Terra aos estudantes e solicita que eles façam em casa e entreguem na aula seguinte, destacando que a tarefa vale ponto.</p>	<p>homem é de “Lucy”;</p> <p>Os estudantes tiram dúvidas com a professora sobre a atividade.</p>	<p>estudantes não demonstram o mínimo interesse em debater o tema;</p> <p>A professora não discutiu e corrigiu com a turma as linhas do tempo que foram produzidas pelos grupos.</p>
--	--	--	---	--	--

APÊNDICE C – Planejamento de atividades investigativas (Aula 4 - Princípios Básicos de Paleontologia)



COLÉGIO ESTADUAL ALMIRANTE BARROSO

Atividade 1: “O mistério de Lyuba”

Aula: Princípios básicos de Paleontologia – Aula 3

Tema(s): Paleontologia, Geologia.

Características gerais:

- Atividade em grupo (grupos de 5);
- Realização durante a aula;
- Tempo total: 20min.

Procedimentos:

- O(a) professor(a) deve apresentar a história sobre a descoberta da mamute Lyuba e posterior investigação do achado por uma equipe interdisciplinar liderada por um paleontólogo;
- Os alunos devem se dividir em grupos de 5 indivíduos para discutir, a partir das pistas reveladas pelo estudo do fóssil (apresentadas pelo(a) professor(a)), qual foi a causa da morte de Lyuba;
- Os estudantes também precisam justificar porque o fóssil foi encontrado em excelente estado de conservação;
- Cada grupo terá 10 minutos para discutir e chegar a uma conclusão consensual ou majoritária a respeito das questões formuladas;
- Os grupos deverão apresentar suas conclusões oralmente para a turma;
- Quando todos os grupos derem seus vereditos, o(a) professor(a) deverá revelar a causa da morte de Lyuba a partir das deduções da equipe que estudou o fóssil;
- Por fim, a turma deverá discutir as dificuldades relacionadas ao estudo de fósseis e os conhecimentos mobilizados para reconstruir a história de acontecimentos antigos.

Objetivo(s):

- Oportunizar o entendimento de como o estudo dos fósseis pode auxiliar a compreensão de como certos eventos ocorreram no passado;

- Tornar familiar, para os estudantes, conceitos, noções e atividades próprias da Paleontologia.

Competências mobilizadas na execução da atividade:

- Conhecimento sobre fósseis e processos de fossilização;
- Disposição para trabalhar em equipe;
- Conhecimento sobre como se dá uma investigação paleontológica;
- Apropriação de linguagem científica própria da Paleontologia para a comunicação com os colegas, turma e professor(a);
- Conhecimento sobre como se dá uma investigação paleontológica;
- Capacidade de comunicação.

Materiais necessários para a execução: Roteiro da atividade.



COLÉGIO ESTADUAL ALMIRANTE BARROSO

Atividade 2: “Eu, paleontólogo(a)!”

Aula: Princípios básicos de Paleontologia – Aula 3

Tema(s): Paleontologia, Geologia.

Características gerais:

- Atividade individual;
- Realização extra-classe;

Procedimentos:

- A professora deve distribuir aleatoriamente entre os estudantes diferentes réplicas de fósseis e o roteiro da atividade;
- A professora deve explicar claramente a atividade, estabelecendo o prazo de devolução do roteiro preenchido pelos estudantes;
- Os alunos devem “estudar” o “fóssil” recebido e preencher o roteiro com as informações solicitadas:
 - Indicar o organismo que gerou o “fóssil” e explicar porque chegou a esta conclusão;
 - Especificar qual parte do organismo “está fossilizada” e justificar o palpite;
 - Explicar como este organismo pode ter fossilizado (desde a morte até a descoberta do fóssil);
 - Desenhar a provável aparência do organismo (antes da “fossilização”) e do seu ambiente natural.
- Apenas os roteiros preenchidos deverão ser devolvidos na aula seguinte;
- Posteriormente a entrega dos roteiros preenchidos, o(a) professor(a) deverá apresentar a real identidade dos fósseis representados nas réplicas e discutir com os estudantes os “métodos” que eles utilizaram para identificar suas réplicas.

Objetivo(s):

- Tornar familiar conceitos, noções e atividades próprias da Paleontologia.

Competências mobilizadas na execução da atividade:

- Conhecimento sobre fósseis e processos de fossilização;
- Conhecimento sobre como se dá uma investigação paleontológica;
- Apropriação de linguagem científica própria da Paleontologia para a formulação das respostas;
- Conhecimento sobre como se dá uma investigação paleontológica;
- Capacidade de abstração;
- Criatividade.

Materiais necessários: Réplicas de fósseis, roteiro da atividade.

APÊNDICE D – Atividade investigativa “Eu, Paleontólogo!” (Aula 4 - Princípios Básicos de Paleontologia)



COLÉGIO ESTADUAL ALMIRANTE BARROSO

PROFESSOR	DATA	DISCIPLINA Biologia	SEMESTRE II	TURNO	ENSINO
ALUNO (A)			Nº	SÉRIE	TURMA
ASSINATURA		VALOR	NOTA		

Eu, paleontólogo!

Você agora é um paleontólogo(a) iniciante e recebeu, durante a aula, uma réplica de fóssil sem identificação.

Seus objetivos são:

- 1- Descobrir qual organismo pode ter originado este fóssil e explicar porque chegou a esta conclusão.
- 2- Especificar qual parte do corpo do organismo está fossilizada e explicar porque você concluiu isto.
- 3- Explicar como este organismo pode ter fossilizado (desde a morte até a descoberta do fóssil).
- 4- Desenhar a provável aparência do organismo que você acredita ter originado este fóssil e o ambiente em que ele vivia.

Bom trabalho!

Apresente suas conclusões a seguir:

Número do fóssil: _____

1. Qual organismo deu origem a este fóssil?

2. Por que você acredita que o seu fóssil corresponde a este organismo?

3. Qual parte do corpo deste organismo você acredita que está fossilizada? Como você chegou a esta conclusão?

4. Desenhe a provável aparência deste organismo (quando era vivo) e o provável ambiente em que ele vivia.

