

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENSINO E CURRÍCULO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**COMO O TEMPO GEOLÓGICO É APRESENTADO EM LIVROS DIDÁTICOS
DE BIOLOGIA?**

Fabiano de Souza Gomes
cartão 160669

Orientadora: Russel Teresinha Dutra da Rosa

2012

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho só foi possível por que tive todo o apoio de minha família, energia dos colegas da biologia e auxílio da professora Russel Teresinha Dutra da Rosa.

Obrigado a todos!

RESUMO

Vários fenômenos da natureza, como o surgimento de uma espécie ou a formação de uma montanha, só ocorrem ao longo do imenso tempo geológico, que ultrapassa a duração de muitas vidas humanas. Compreender essa escala de tempo enorme, medida em milhões e bilhões de anos, exige o desenvolvimento da capacidade de abstração. O livro didático, uma importante ferramenta de ensino nas salas de aula, embora seja constantemente melhorado em decorrência da avaliação realizada no contexto do Programa Nacional do Livro Didático (PNDL), ainda poderia ser aperfeiçoado no que diz respeito à abordagem do tempo profundo. O presente trabalho tem por objetivo fazer uma análise qualitativa de aspectos recorrentes nas formas como o tempo geológico é apresentado nas 8 coleções de livros de Biologia, do Ensino Médio, recomendadas no Guia do PNDL 2012. As diferentes formas de abordagem do tempo geológico foram organizadas em nove categorias, sendo a mais frequente a menção à duração de eventos biológicos e/ou geológicos em exercícios, tabelas, gráficos, esquemas, filogenias, legendas de figuras entre outros. Explicações mais detalhadas sobre o trabalho do paleontólogo e sobre os métodos de datação do tempo (relativa e absoluta) existem em menor número. Pôde-se constatar que a maioria dos autores não faz uso de analogias que associem o tempo geológico com exemplos do cotidiano, tais como o calendário e o relógio, as quais facilitariam a visualização e a compreensão do tempo profundo. E, quando o fazem, muitas vezes exploram esse recurso de uma forma inadequada. Se apresentado de uma maneira atraente e significativa, o tempo geológico, marcado por episódios de surgimento e extinção de espécies biológicas, bem como por grandes alterações da distribuição de continentes, do clima e do relevo do planeta, pode servir para dar início a discussões socioambientais implicadas no exercício pleno da cidadania, tais como a produção da biodiversidade e do equilíbrio de ecossistemas, os quais levaram milhões de anos para surgirem, mas vem sendo extintos massivamente nos últimos cem anos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Teoria da Evolução	6
2.2 Tempo	8
2.3 Tempo Geológico	10
2.4 O tempo geológico nos livros didáticos	13
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
3.1 Livros didáticos do PNLDEM de 2012	14
3.2 Categorias de análise	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
6. BIBLIOGRAFIA	69

1. INTRODUÇÃO

Considerando-se que a Teoria da Evolução pode integrar os diferentes conhecimentos do campo das Ciências Biológicas, para compreendê-la é necessário entender que os processos evolutivos ocorreram ao longo de milhões de anos e continuam acontecendo na atualidade.

Imaginar uma escala de tempo organizada em milhões de anos é difícil porque extrapola a experiência de uma vida humana. Assim, a construção da noção de tempo geológico, necessária à compreensão da teoria da Evolução e também para a constituição de uma perspectiva evolucionista para as Ciências Biológicas, requer o desenvolvimento de formas de ensinar e aprender a noção de tempo profundo.

O entendimento do tempo de existência da vida no planeta Terra e a reflexão a respeito do tempo relativamente pequeno de existência da espécie humana possibilitam a análise das ações do homem que afetam as demais formas de vida. Desse modo, é importante averiguar se essas noções são trabalhadas na Educação Básica.

Considerando-se que a principal fonte de informações, disponível para alunos e professores da Educação Básica, é o livro didático, interessa, no presente estudo, investigar como os livros didáticos abordam o tempo geológico em textos, figuras, tabelas, gráficos, filogenias, esquemas e atividades. O objetivo do estudo, portanto, é verificar como a noção de tempo geológico é apresentada em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio.

A análise, feita com a finalidade de verificar como são feitas as abordagens do tema “tempo geológico”, buscou por estratégias que possibilitassem a tradução da dimensão do tempo de longa duração, uma noção abstrata, em formas de representação que permitissem a comparação entre eventos biológicos de diferentes durações. Também foram procuradas analogias que pudessem contribuir para a compreensão do tempo profundo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Teoria da Evolução

Darwin propôs que as espécies atuais não foram criadas de forma independente, mas descenderam de outras espécies ancestrais. Por exemplo, as raças de cachorros, tão diferentes entre si, são variedades de uma mesma espécie que surgiu, possivelmente, a partir de um ancestral comum ao da espécie dos lobos atuais. A teoria da Evolução ampara-se em um conjunto de evidências tais como fósseis, os quais ao serem estudados podem ser relacionados por meio do estabelecimento da ancestralidade entre espécies já extintas e espécies atuais, considerando-se órgãos vestigiais e fósseis intermediários.

De acordo com Darwin, o surgimento de modificações favoráveis à sobrevivência entre os indivíduos de populações de seres vivos, levaria à seleção daqueles melhor adaptados a determinadas condições ambientais, bem como à transmissão dessas adaptações às gerações seguintes. O eminente naturalista designou esse processo de seleção natural. Ao longo da seleção natural, novas espécies surgiram e muitas outras foram extintas, sendo ela a responsável pela biodiversidade (TOFFOLI, 2008). O processo de seleção natural ocorre ao longo de milhões e bilhões de anos, em uma escala de tempo extensa e que precisa ser compreendida para o entendimento da Evolução Biológica.

Depois dos estudos de Darwin, outras evidências da Evolução das espécies têm sido obtidas, como a proposta do modelo da molécula de DNA, o material genético que apresenta uma organização similar em todos os seres vivos. Essa similaridade indica que o código genético foi sendo transmitido entre as gerações, com ligeiras modificações, a partir de um ancestral comum que viveu há mais de três bilhões e meio de anos. Novas populações diferentes surgem e outras são extintas ao longo do tempo dependendo de suas adaptações às condições ambientais que também sofrem modificações. A existência de um código genético é, portanto, mais um indício das relações filogenéticas entre os seres vivos (TOFFOLI, 2008).

A Biologia Evolutiva ocupa importante papel no meio acadêmico, orientando e integrando diferentes linhas de pesquisa, no entanto, nos currículos da Educação Básica

e também nos livros didáticos utilizados, nesse nível de ensino, são identificados erros conceituais e interpretações equivocadas dos estudos evolutivos. Além disso, o tema da Evolução Biológica é pouco explorado e até mesmo suprimido pelos professores em suas práticas pedagógicas (PEREIRA *et al*, 2008). Atividades didáticas podem facilitar o entendimento da teoria da Evolução, quando oportunizam a construção de relações entre conteúdos de uma mesma disciplina e de diferentes disciplinas, bem como quando estabelece laços entre as práticas científicas de cada época e o contexto social (PEREIRA *et al*, 2008).

Em algumas práticas pedagógicas, às idéias de Lamarck e Darwin são confrontadas de forma distorcidas o que pode, ao contrário do desejado, até reforçar argumentos criacionistas, tais como: "os homens atuais são descendentes dos macacos". Essa afirmação pode levar o aluno a pensar que os seres humanos descendem de macacos atuais como os chimpanzés e não que as diferentes espécies de macacos atuais e o homem têm um ancestral comum.

Com relação à evolução humana há sempre o risco de as representações levarem a uma ideia equivocada de que a sucessão de macacos, progressivamente maiores e mais eretos, ao longo do tempo, teria produzido o Homo Sapiens, ocupando um lugar superior e compreendido como o resultado final do processo evolutivo. É comum, em livros didáticos, os seus autores divulgarem o conhecimento científico através de analogias, utilizadas como um mero recurso estilístico, afastado dos argumentos científicos originais. O mau uso de metáforas nas explicações escolares pode resultar em conotações antropocêntricas e anticientíficas para processos e fenômenos naturais.

As lições evolucionistas podem até endossar argumentos criacionistas quando o tempo é tratado de maneira linear e sem que seja considerada a história geológica, biológica e humana. A expressão "ao longo do tempo" joga com a abstração das observações dos fósseis e sugere que, com o decorrer desse tempo, os seres vivos se aprimoraram, uma ideia ligada ao "desing inteligente", ou criacionismo moderno (BELLINI, 2006). De acordo com Bonito (2011), manuais escolares apresentam esquemas complexos sobre o tempo geológico, os quais nem sempre são preparados considerando-se as dificuldades de compreensão dessa noção.

Os problemas na abordagem da teoria da Evolução, na Educação Básica investigados e discutidos por diferentes autores (MARTINS; PACCA, 2005; PEREIRA, 2008; TOFFOLI, 2008) e, particularmente, a análise da forma como são explorados nos

livros didáticos (Bellini, 2006; Engelke, 2009), foram examinados de modo a sustentar o presente estudo, o qual tem a intenção de contribuir para as discussões sobre o Ensino de Evolução, abordando especificamente a compreensão da dimensão do tempo geológico.

2.2 Tempo

A noção de tempo nos é familiar e jamais duvidamos da sua existência uma vez que podemos quantificá-lo ou nele fazer previsões do cotidiano e separá-lo em ontem, hoje e amanhã. Denominamos de tempo a projeção para o exterior das percepções internas da passagem efêmera das nossas vidas (BONITO, 2011). O tempo pode ser percebido como um instante ou como uma sucessão de instantes. Em qualquer caso, a memória é necessária à percepção do tempo (BONITO *et al.*, 2011).

A passagem do tempo está presente em nossas conversas cotidianas. É comum ouvir pessoas reclamando por não terem tempo para o lazer ou para a família, bem como a sensação de que o tempo passa muito rapidamente em finais de semana, feriados e períodos de férias, quando são realizadas atividades prazerosas.

Dedicar tempo a si mesmo e organizar a vida de maneira a liberar-se da tirania do tempo são estratégias que nos ajudam a viver com mais tranquilidade e satisfação. Carriere [26] pensa que o sonho é nossa verdadeira vitória sobre o tempo. Fernando Pessoa [27] escribió, tal vez por esta razón “*valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem*” (BONITO *et al.*, 2011, p. 49).

As situações mencionadas mostram o quanto o tempo está presente e, muitas vezes, a falta dele domina a vida das pessoas, especialmente na cultura ocidental capitalista em que o tempo produtivo é convertido em dinheiro.

Embora familiar, o tempo é um assunto complexo na medida em que não é possível definir sua natureza, sua idade ou avaliá-lo. Às vezes, a sensação da passagem lenta ou rápida pode tomar a forma de uma ilusão ou ser o resultado de uma percepção correta. Assim, cuidados devem ser tomados quando se trabalha essa temática nos currículos porque diferentes fatores de natureza emocional influenciam a percepção do tempo tais como, a impulsividade e a tristeza. Portanto, a medição do tempo realizada pelos físicos, quando descuida a dimensão humana e social de sua percepção parece insuficiente para fins educacionais (BONITO *et al.*, 2011).

A natureza do tempo, sua relação com o espaço e a possibilidade de compreendê-lo é um dos núcleos do pensamento filosófico e científico. Platão, Aristóteles, Galileu, Newton, Einstein entre outros fizeram reflexões sobre essa temática. No entanto, apesar dos esforços no âmbito da filosofia e da ciência, questões centrais ainda continuam sem resposta, tais como: O que é o tempo presente, se o passado não existe mais e o futuro ainda não veio? Só existiria o presente? Mas o presente não corresponde à passagem contínua daquilo que ainda não aconteceu, o futuro? Outras questões referem-se à relação entre o tempo, o universo e o início do tempo. O tempo teria começado com a origem do universo, o *Big Bang*? E em que consiste afinal o tempo? O tempo flui, não se altera, mas faz com que as coisas se transformem, portanto, qual a relação entre o tempo e as coisas? O tempo por um lado pode ser entendido como cíclico, mas também pode ser percebido de modo linear, fluindo em uma única direção. Para tentar compreender o sentido do tempo, relações são feitas entre o tempo físico e o tempo vivido, especulando-se até sobre a possibilidade de existência de vários tempos simultâneos (BONITO, 2011).

A construção do conceito de tempo por estudantes do Ensino Fundamental e Médio é importante no estudo das ciências naturais e humanas. A maioria das crianças, jovens e adultos compartilha da opinião de que, dependendo da situação, o tempo parece passar mais rápido ou mais devagar, mas que isso na verdade é uma ilusão (MARTINS; PACCA, 2005). Essa passagem do tempo é normalmente associada a uma idéia de mudança ou variação, que pode ser algo periódico, como o movimento do sol, ou não periódico, como o envelhecimento das pessoas. O relógio é o principal instrumento de medida do tempo apontado pelos alunos, sendo seguido pelos movimentos do sol e da lua. Além disso, o tempo costuma ser compreendido pela maioria das pessoas como algo absoluto, abstrato, indestrutível e separado de sua medida, a qual existe independente de qualquer coisa material ou fenômeno (MARTINS; PACCA, 2005). O tempo, nos livros didáticos, parece ser tratado como algo já bem conhecido pelos alunos do Ensino Fundamental e Médio e que, portanto, não precisaria ser explorado ou discutido. A discussão sobre o funcionamento dos relógios e a existência ou não do tempo em função do desaparecimento de toda a matéria do universo proporciona importantes reflexões e aprendizados aos alunos (MARTINS; PACCA, 2005).

Neste estudo será examinada especificamente a compreensão da noção de tempo geológico, ou seja o tempo de existência do planeta Terra como parâmetro para a análise das transformações ambientais, particularmente a evolução dos seres vivos.

2.3 Tempo Geológico

O tempo geológico também denominado tempo profundo pela tradução da expressão anglo-saxónica *deep time* considera o tempo de existência do Universo e do planeta Terra, os quais são muito anteriores ao tempo de existência da humanidade. Entende-se, portanto, o tempo geológico como profundo em relação ao tempo superficial, recente de existência do ser humano.

Bonito (2011, p. 89) a partir de suas pesquisas com jovens portugueses de 12 e 13 anos, afirma “[...] que os alunos associam fenômenos geológicos com morosidade geológica, em termos globais.” Portanto o tempo geológico é entendido como lento e necessário para o acontecimento de processos de longa duração.

Uma escala de tempo geológico foi elaborada pela comunidade científica para ser usada em todo mundo, padronizada, com o objetivo de ordenar e comparar eventos geológicos. A percepção da dimensão extensa do Tempo Geológico é necessária para que se possa entender fenômenos geológicos e biológicos tais como a tectônica de placas, a formação de montanhas, o surgimento do gás oxigênio na atmosfera a partir da fotossíntese, o desaparecimento dos dinossauros, a coevolução de plantas e insetos e a sua interdependência expressa no processo de polinização.

O tempo geológico pela sua grande extensão é difícil de ser compreendido e até imaginado, por isso, algumas metáforas foram criadas de modo a construir imagens para o tempo profundo. Uma dessas imagens é a do relógio geológico, outra é a do calendário cósmico em que o surgimento da humanidade ocorre nos últimos segundos metafóricos tanto do relógio geológico, quanto do calendário cósmico (Bonito, 2011).

Bonito (2011) em seus estudos também verificou que a compreensão do Tempo Geológico possibilita o entendimento da Evolução Biológica, uma vez que a

biodiversidade resulta de processos evolutivos independentes e muito lentos, alguns deles decorrentes da existência de barreiras geográficas entre diferentes regiões do planeta. O mesmo autor, citando Trend (2005), também afirma que a compreensão da extensão do tempo geológico é fundamental para o exercício de uma cidadania responsável do ponto vista ambiental, uma vez que contribui para combater visões antropocêntricas.

Esses autores apontam que o ser humano, embora tenha uma existência muito recente no planeta, vem contribuindo para a aceleração de mudanças gigantescas, tais como as mudanças climáticas, as quais afetam o nível do mar e a sobrevivência dos seres vivos. Tal entendimento exige a observação do impacto de processos lentos e imperceptíveis, ao longo de uma vida humana, mas que ocorrem no âmbito da geomorfologia. Bonito, citando os estudos de Frodeman, publicados em 2003, afirma:

[...] A importância da compreensão do tempo geológico aplica-se, também, ao cidadão contemporâneo, na medida em que o ser humano necessita face aos processos naturais para bem delimitar o alcance e os riscos de desastre, em potencial, das suas ações. Do ponto de vista epistemológico, e não só, aceita-se que para entender a brevidade da existência humana relativamente à vastidão da história da Terra se requer *innovation in our sense of reality* (BONITO, 2011, p. 91).

Desse modo para que possamos preservar o nosso planeta é necessário entender a “[...] escala temporal em que os fenômenos que o afetam ocorrem [...]” (BONITO, 2011, p. 83) e, portanto, a necessidade de planejar ações que possam reverter ou mitigar o cenário de degradação ambiental em curso.

Conforme já mencionado, a complexidade do conceito de tempo geológico é de difícil apropriação por parte dos alunos. De acordo com Bonito *et al.* (2011) podemos reconstruir um passado recente através da memória oral ou um passado mais longínquo, cinco mil anos, por exemplo, através da ciência. Há que se considerar que, no decorrer de nossa vida, recordamos principalmente momentos associados a vivências marcantes. Além disso, os autores também afirmam que o cérebro humano processa melhor uma quantidade de tempo que se aproxime da duração de uma vida humana. Bonito (2011), a partir de resultados de pesquisas com estudantes de 12 a 13 anos, destaca alguns fatores que afetam a compreensão do conceito de tempo geológico. Segundo ele, os alunos revelam mais dificuldades para estimar corretamente o tempo de duração de acontecimentos geológicos lentos do que estimar o tempo de duração de acontecimentos

geológicos rápidos. Uma possível explicação para isso seria o fato de o pensamento formal ainda estar em desenvolvimento, havendo por essa razão, maiores dificuldades em lidar com conceitos abstratos como o da escala de tempo geológico. Portanto, quanto mais lento e distante no tempo estiver um acontecimento ou fenômeno geológico, mais difícil será para os alunos interpretá-lo. Por exemplo, é mais difícil estimar o tempo de erosão de uma montanha, um acontecimento temporalmente lento, do que estimar o tempo de ocorrência de um sismo. Essa dificuldade também pode decorrer da maior familiaridade com fenômenos trágicos como os terremotos e erupções vulcânicas, intensamente divulgados pelos meios de comunicação, tornando mais fácil a sua classificação como um fenômeno geológico rápido (BONITO, 2011). A compreensão da ação de processos lentos e imperceptíveis passa pela adoção de uma concepção de tempo como algo imenso (BONITO *et al.*, 2011).

Os alunos imaginam a escala de tempo correspondente ao passado da Terra, a partir de suas vivências. Nesse sentido, a percepção do tempo pelos alunos assemelha-se muito aos princípios da datação relativa. Sendo importante verificar a capacidade de os alunos em estimar uma sucessão de eventos no tempo, sua duração e quando ocorreram, comparativamente.

Na pesquisa geológica, dois enfoques diferentes podem ser usados para a determinação de uma sucessão temporal de eventos: a datação relativa e a datação absoluta. A primeira, permite estimar o intervalo de tempo em que um determinado evento geológico ou biológico ocorreu em comparação com outros eventos conhecidos. Assim, a datação relativa possibilita inferir se um evento é mais ou menos antigo do que outro, estabelecendo-se uma escala comparativa de episódios. Enquanto que na datação absoluta é possível posicionar tais eventos em uma escala numérica, estabelecendo a época aproximada de ocorrência e de duração com maior precisão. O estabelecimento da escala de tempo relativa é sustentada por alguns princípios, tais como: (a) a deposição horizontal dos estratos (princípio da horizontalidade); (b) a idade maior de um estrato localizado abaixo de outro (princípio da superposição); (c) a sucessão de organismos fósseis, considerando-se sua primeira aparição, em estratos mais profundos, bem como a sua extinção em estratos superiores (princípio da sucessão faunística); (d) o princípio da intersecção que considera a intrusão de elementos e as fraturas nas rochas; (e) o princípio da inclusão de fósseis em rochas, sendo os fósseis mais antigos do que as rochas que os incluem; e (f) o princípio da identidade paleontológica, segundo o qual a

presença dos mesmos fósseis em diferentes amostragens indica que os estratos correspondentes são de mesma idade.

Com base nos princípios listados, uma sucessão ordenada de organismos pode ser observada nos registros fósseis, a qual aponta as mudanças sofridas pelas formas de vida ao longo do tempo, permitindo o estudo da Evolução Biológica. A escala do tempo geológico é definida de acordo com o estudo do surgimento, extinção, sucessão e diversificação de animais e plantas. Existem fósseis que ocorrem em um período de tempo maior ou menor o qual pode ser designado de acordo com a sua duração como Éon, Era, Período. Além disso, representantes de um mesmo grupo animal ou vegetal podem estar presentes em diferentes partes da Terra, o que permite sua correlação bioestratigráfica. Através desses métodos, o conteúdo fóssilífero permite a ordenação cronológica das rochas. No estudo de eventos que ocorrem em uma escala de tempo profundo também é importante considerar que, quanto mais recente for um episódio, maiores as chances de se reconstituir de forma completa o modo como ocorreu.

Com as descobertas ligadas à radioatividade pode-se desenvolver a datação radiométrica e então calcular a idade absoluta das rochas, que contenham minerais com elementos radioativos, em milhões de anos. O método é baseado na desintegração de isótopos radioativos naturais como o rubídio-estrôncio, o urânio-plomo e o carbono catorze.

2.4 O tempo geológico nos livros didáticos

Bonito (2011) enfatiza que a imensidão do tempo de ocorrência de processos geológicos é infinitamente maior do que o tempo de existência da humanidade. Portanto, cabe à educação relacionar

“[...] as experiências de tempo vividas pelos alunos, onde estes convivem com escalas de tempo que incorporam o momento, o dia, o ano ou o período de uma geração ou século, até aquelas que integram situações que ocorreram no planeta Terra desde há milhares de milhões de anos [...]” (BONITO, 2011, p. 91)

O autor propõe a construção de relações entre intervalos de tempo vivenciados pelos alunos, como dias, anos, gerações de uma família etc, com eventos ocorridos no Planeta há milhões ou bilhões de anos.

Esse autor considera importante a formação continuada de professores por meio da reflexão e da discussão entre os docentes acerca das estratégias usadas na abordagem da temática do Tempo Geológico. O pesquisador também afirma a necessidade de desenvolvimento de propostas multidisciplinares. Bonito (2011) sustenta ainda que é necessário um maior investimento na concepção, organização e implementação de materiais didáticos, os quais deveriam integrar “[...] atividades práticas diversificadas (de pesquisa, laboratoriais, experimentais, de campo, entre outras), que promovam a compreensão da complexidade dos fenômenos e da sequência temporal de alguns acontecimentos geológicos” (BONITO, 2011, p. 92).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o objetivo de verificar como a noção de tempo geológico é apresentada em coleções didáticas de Biologia do Ensino Médio, foram examinadas seções de livros didáticos, recomendados no Guia do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLDEM) de 2012.

3.1 Livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLDEM) de 2012.

(Livro 1) PEZZI, A.; GOWDAK, D.; MATTOS, N.. **Biologia** – Editora FTD – Volume 3.

(Livro 2) MENDONÇA, V.; LAURENCE, J.. **Biologia** – Editora Nova Geração – Volume 3.

(Livro 3) LOPES, S.; ROSSO, S.. **Bio** – Editora Saraiva – Volume 1.

(Livro 4) LOPES, S.; ROSSO, S.. **Bio** – Editora Saraiva – Volume 3.

(Livro 5) SILVA Júnior, César; SASSON, Sezar; CALDINI Júnior, Nelson. **Biologia** – Editora Saraiva – Volume 3.

(Livro 6) MARTHO, G. R.; AMABIS, J. M.. **Biologia** – Editora Moderna – Volume 1.

(Livro 7) MARTHO, G. R.; AMABIS, J. M.. **Biologia** – Editora Moderna – Volume 3.

(Livro 8) LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.. **Biologia Hoje** – Editora Ática – Volume 3.

(Livro 9) SANTOS, F.S.; AGUILAR, J.B.V.; OLIVEIRA, M.M.A.. **Biologia: ser protagonista** – Edições SM – Volume 3.

(Livro 10) BIZZO, N.. **Novas Bases da Biologia** – Editora Ática – Volume 1.

(Livro 11) BIZZO, N.. **Novas Bases da Biologia** – Editora Ática – Volume 2.

(Livro 12) BIZZO, N.. **Novas Bases da Biologia** – Editora Ática – Volume 3.

Cabe mencionar que cada uma das oito coleções são compostas por três volumes, mas os livros foram numerados de modo a indicar somente os volumes examinados, ou seja, aqueles que apresentam os capítulos associados à Origem da Vida e à Evolução Biológica, os quais contêm textos e outras representações do Tempo Geológico.

Em cada unidade e capítulo foram analisados os textos, fotografias, legendas, linhas de tempo, quadros, filogenias, esquemas, gráficos e exercícios em que aparece a noção de tempo geológico. A análise foi realizada com base nas abordagens teórico-metodológicas empregadas pelos autores de artigos localizados durante a revisão bibliográfica. Com base na literatura, foram elaboradas categorias de análise de modo a compreender situações recorrentes na abordagem da noção de tempo geológico nos livros didáticos.

Assim, a análise configurou-se como quali-quantitativa, uma vez que foram quantificadas as ocorrências de cada categoria e subcategorias construídas a partir da literatura sobre o tema.

Em uma primeira etapa da investigação, foram digitalizados os capítulos de interesse de todos os livros. Em uma segunda etapa, os trechos dos livros, relacionados direta ou indiretamente com a noção de tempo geológico, foram selecionados e quantificados de acordo com cada uma das 10 categorias gerais:

3.2 Categorias de análise:

Categoria A: Conceito e/ou definição de Tempo Geológico.

Categoria B: Conceito de paleontologia e/ou de fóssil.

Categoria C: Como é estabelecida a datação de eventos geológicos e biológicos.

Categoria D: Descrição das periodizações.

Categoria E: Quadros de periodizações, linhas de tempo, filogenias, esquemas, gráficos e figuras.

Categoria F: Uso de analogias para favorecer o entendimento do tempo geológico - calendário, relógio e livro.

Categoria G: Citações da época e da duração de eventos biológicos e/ou geológicos em textos e em legendas de figuras.

Categoria H: Relações entre eventos que acontecem em uma escala de tempo humana e eventos que aconteceram em uma escala de tempo geológico.

Categoria I: Atividades e Exercícios.

Na terceira etapa, foi elaborado um quadro com o número de ocorrências de cada categoria (Quadro 1). Na quarta etapa, foi realizada a análise dos exemplos de cada categoria, a qual exigiu a definição de subcategorias (Quadros 2 a 8). Finalmente, foram descritas e explicitadas as análises realizadas as quais foram ilustradas com exemplos significativos de cada categoria e subcategoria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma síntese dos resultados pode ser observada no Quadro 1, o qual contém o número de ocorrências de cada categoria, em cada uma das oito coleções de livros didáticos, os totais correspondentes a cada uma das categorias, bem como os totais de ocorrências das categorias em cada uma das coleções didáticas.

Um primeiro resultado que salta aos olhos é o fato de o conteúdo de tempo geológico aparecer somente no volume 3 de cinco das oito coleções examinadas. Em apenas uma coleção, esse conteúdo aparece nos três volumes (Livros 10, 11 e 12 do

Quadro 1). Por outro lado, essa coleção não é a que apresenta o maior número de ocorrências de alusões à noção de tempo geológico. A coleção em que foram localizadas mais ocorrências é a representada pelos livros 6 e 7 (no Quadro 1). Já a coleção que menos cita o tempo geológico é a que aparece no Quadro 1, sob a designação Livro 5.

Um segundo resultado geral refere-se às categorias mais frequentes. Como pode ser observado no Quadro 1, a categoria “G - Citações da época e da duração de eventos biológicos e/ou geológicos em textos e em legendas de imagens” apresenta 195 ocorrências.

Quadro 1. Número de ocorrências de cada categoria por livro.

	A tempo geo	B paleonto	C datação	D desc period	E quadros	F analog	G citaç	H tempo geo/ hum	I atividade	SUB TOTAL	TOTAL por coleção
Livro 1 (v. 3)	1	1	2	10	2	0	14	1	8	42	39
Livro 2 (v. 3)	1	3	0	1	2	0	14	1	7	30	29
Livro 3 (v. 1)	0	0	3	1	2	1	4	1	11	23	33
Livro 4 (v. 2)	0	1	2	0	1	1	3	1	1	10	
Livro 5 (v. 3)	0	1	3	0	2	0	2	0	2	10	10
Livro 6 (v. 1)	0	1	0	1	3	0	17	0	4	26	67
Livro 7 (v. 3)	1	1	2	2	1	1	31	0	2	41	
Livro 8 (v. 3)	0	2	2	2	4	1	35	0	8	54	54
Livro 9 (v. 3)	1	1	3	1	3	1	43	0	4	57	57
Livro 10 (v. 1)	0	0	0	1	2	0	10	0	3	16	49
Livro 11(v. 2)	0	0	0	0	8	0	9	0	0	17	
Livro 12 (v. 3)	0	0	1	0	2	0	13	0	0	16	
TOTAL	4	11	18	19	32	5	195	4	50		

Legenda Quadro 1: As linhas cinza indicam os livros que compõem uma mesma coleção. **Livro 1** - PEZZI, GOWDAK e MATTOS. **Biologia**. Editora FTD (v. 3); **Livro 2** - MENDONÇA e LAURENCE. **Biologia para a nova geração**. Editora Nova Geração (v. 3); **Livro 3** – ROSSO, S. e LOPES, S.. **Bio**. Editora Saraiva (v. 1); **Livro 4** – ROSSO, S. e LOPES, S. **Bio**. Editora Saraiva. (v. 2); **Livro 5** - CÉSAR, SEZAR e CALDINI. **Biologia**. Editora Saraiva (v. 3); **Livro 6** – MARTHO, G. e AMABIS, J. **Biologia**. Editora Moderna (v. 1); **Livro 7** – MARTHO, G. e AMABIS, J. **Biologia**. Editora Moderna (v. 3); **Livro 8** – GEWANDSNAJDER, F. e LINHARES, S.. **Biologia Hoje**. Editora Ática (v. 3); **Livro 9** - CATANI, A. Et al.. **Ser Protagonista Biologia**. Edições SM (v. 3); **Livro 10** – BIZZO, N. **Novas Bases da Biologia**. Editora Ática (v. 1); **Livro 11** – BIZZO, N.. **Novas Bases da Biologia**. Editora Ática (v. 2); **Livro 12** – BIZZO, N. **Novas Bases da Biologia**. Editora Ática (v. 3).; **Categoria A** - Conceito e/ou definição de Tempo Geológico; **Categoria B** - Conceito de paleontologia e/ou de fóssil; **Categoria C** - Como é estabelecida a datação de eventos geológicos e biológicos; **Categoria D** - Descrição das periodizações; **Categoria E** - Quadros de periodizações, linhas de tempo, filogenias, esquemas, gráficos e figuras; **Categoria F** - Uso de analogias para favorecer o entendimento do tempo geológico (calendário, relógio e livro); **Categoria G** - Citações da época e da duração de eventos biológicos e/ou geológicos em textos e em legendas de figuras; **Categoria H** - Relações entre eventos que acontecem em uma escala de tempo humana e eventos que aconteceram em uma escala de tempo geológico; **Categoria I** - Atividades e Exercícios.

A seguir, são apresentadas: (1) descrições das categorias e das subcategorias, quando necessárias para demonstrar especificidades; (2) exemplos de trechos dos livros representativos das categorias e das subcategorias; e (3) análises das categorias mais frequentes e dos exemplos citados. A discussão das categorias é apresentada em ordem decrescente de acordo com o número de ocorrências, na seguinte sequência: categorias G, I, E, D, C, B, F, A e H.

A **categoria G** - Citações da época e da duração de eventos biológicos e/ou geológicos em textos e em legendas de figuras - aparece 195 vezes, na forma de duas subcategorias: (**G - 1**) Parágrafos de textos e (**G - 2**) Legendas de figuras; como pode ser observado nos exemplos, abaixo, extraídos do Livro 11.

No parágrafo destacado, o tempo de existência da cultura humana é comparado com o tempo de evolução das demais espécies de seres vivos. Essa comparação, conforme tratado na Revisão Bibliográfica, embora não seja exatamente o recomendado por Bonito (2011), relacionar o tempo geológico de longa duração com eventos de uma vida humana; pelo menos, compara os 40 mil anos de cultura humana com o intervalo de cerca de 3 milhões de anos, sem evidências de cultura.

Exemplo de (**G - 1**) Parágrafo do Livro 12, p. 246:

As características que reconhecemos como particularidades humanas, ligadas à cultura, surgiram há menos de 40 mil anos, no chamado Paleolítico Superior. Se recuarmos no tempo, no intervalo entre 1 milhão e 4 milhões de anos, dificilmente veremos traços de qualquer cultura. Assim, acredita-se que, ao longo da maior parte da evolução da humanidade, os fatores que a influenciaram foram os mesmos que determinaram a evolução das demais espécies.

Exemplo de (**G - 2**) Figura com legenda do Livro 12, p. 212:



Figura 7.6
Fóssil de coco encontrado nos contrafortes dos Alpes italianos, a mais de 800 metros acima do nível do mar, e que viveu há cerca de 40 milhões de anos. Tamanho: 25 centímetros no diâmetro maior.

Na legenda da figura anterior, aparece a idade do fóssil de um coco, uma fruta tropical, encontrada nos Alpes italianos, uma evidência das grandes transformações geológicas de nosso planeta.

A coleção com maior número de ocorrências da **categoria G** é a representada pelos Livros 6 e 7, onde constam 48 menções ao tempo de duração de eventos biológicos ou geológicos em textos e em legendas de figuras.

Quadro 2 – Número de ocorrências de parágrafos de textos e de legendas de figuras que mencionam a duração de eventos biológicos e/ou geológicos.

	Parágrafos de textos (G - 1)	Legendas de figuras (G - 2)	TOTAL
Livro 1	13	1	14
Livro 2	9	5	14
Livro 3	4	0	4
Livro 4	0	3	3
Livro 5	2	0	2
Livro 6	17	0	17
Livro 7	26	5	31
Livro 8	30	5	35
Livro 9	39	4	43

Livro 10	9	1	10
Livro 11	5	4	9
Livro 12	9	4	13
TOTAL	163	32	

Abaixo, consta um parágrafo e uma figura extraídos dos livros em que a **categoria G** ocorre em maior número:

Exemplo de (G - 1) Parágrafo do Livro 6, p. 66:

Os cientistas têm indícios de cinco grandes extinções ocorridas nos últimos 500 milhões de anos. Há 440 milhões de anos, cerca de 85% das espécies viventes na época foram extintas. Há mais ou menos 365 milhões de anos, houve outra grande extinção em massa, principalmente de espécies marinhas. Há 251 milhões de anos, ocorreu a mais grave das extinções em massa, que fez desaparecer da face da Terra 96% das espécies então existentes. Há 205 milhões de anos, desapareceram cerca de 76% das espécies, principalmente de organismos marinhos. Finalmente, há 65 milhões de anos, ocorreu a mais conhecida extinção em massa, que destruiu entre 75% e 80% das espécies viventes, dentre elas todo o grupo de dinossauros, que dominava os ambientes de terra firme.

Exemplo de (G - 2) Legenda de Figura do Livro 7, p. 195:



Figura 8.9 Fóssil de um trilobite (*Acadoparadoxides briareus*), do período Cambriano; encontrado no deserto do Saara, Marrocos. Esses invertebrados, cujo tamanho variava de poucos centímetros a cerca de 0,5 metro, dominaram os mares durante toda a era Paleozoica e extinguiram-se completamente ao final dela.

O último exemplo, do trilobite, poderia ser abordado de forma interdisciplinar se contivesse algumas explicações sobre aspectos geográficos e geológicos do deserto do Saara, bem como do tipo de rocha e em quais profundidades os fósseis podem se formar. O tempo profundo ou os 4,6 bilhões de anos de história do planeta Terra é uma das referências da geociência para o estudo da formação de rochas e de fósseis nessa escala de tempo. E essa escala é considerada no desenvolvimento de estudos de outros campos disciplinares, além da biologia (CLARY; BRZUSZEK, 2009). Os estudos de Kortz e Murray (2009) apontam que muitos estudantes não sabem que a maioria dos fósseis se forma em rochas sedimentares, formadas a quilômetros de profundidade abaixo do solo e em altíssimas temperaturas. Os autores também revelam, nesse trabalho, que muitos alunos acreditam que rochas são formadas a poucos metros de profundidade e que elas levam apenas algumas centenas de anos para se formar. A maioria dos livros didáticos se limita a mostrar exemplos e definições de fósseis, sem, no entanto, detalhar processos geológicos de vital importância para o entendimento de processos físicos e biológicos.

A **categoria G** - Citações da época e da duração de eventos biológicos e/ou geológicos em textos e em legendas de figuras - a mais frequente nos livros examinados, a partir da perspectiva de Bonito (2011) não pode servir como indicação da qualidade da

obra, pois, os estudantes têm dificuldades para interpretar eventos de longa duração, imperceptíveis pela experiência humana. Datar eventos geológicos e evolutivos, sem compará-los em uma escala visível espacialmente, é insuficiente para a compreensão da extensão do tempo profundo. E essa incompreensão tem consequências do ponto de vista socioambiental, uma vez que as ações humanas têm acelerado processos naturais, como a extinção de espécies biológicas.

A **categoria I** - Atividades e exercícios - apresentou 50 ocorrências e os livros em que essa categoria foi mais frequente foi o de número 3, com onze ocorrências, seguido pelos livros 1 e 8, ambos com oito ocorrências como mostra o quadro 3. Mas existem também dois livros que não apresentam nenhum exercício: os livros 11 e 12.

Primeiro, as questões foram divididas em: (a) dissertativas, quando exigiam a construção de uma resposta, com vinte e uma ocorrências e (b) de múltipla escolha, com vinte e oito ocorrências, quando exigiam o reconhecimento da resposta correta ou a correlação entre conceitos, processos e suas respectivas definições. Essas duas modalidades de questões estão bem distribuídas, quando considerado o conjunto de quarenta e nove exercícios encontrados¹. Todavia, quando as obras são examinadas individualmente, essa distribuição se desequilibra. Os livros 4, 5, 9 e 10 só apresentam questões dissertativas.

Quadro 3: Número de questões dissertativas e de múltipla escolha.

	Questões dissertativas (a)	Questões de múltipla escolha (b)	TOTAL
Livro 1 (v. 3)	3	5	8
Livro 2 (v. 3)	2	5	7
Livro 3 (v. 1)	3	8	11
Livro 4 (v. 2)	1	0	1
Livro 5 (v. 3)	2	0	2
Livro 6 (v. 1)	1	3	4
Livro 7 (v. 3)	1	1	2
Livro 8 (v. 3)	2	6	8
Livro 9 (v. 3)	3	0	3
Livro 10 (v. 1)	3	0	3
Livro 11 (v. 2)	0	0	0
Livro 12 (v. 3)	0	0	0
TOTAL	21	28	49

¹ O número total de exercícios encontrados corresponde a 49, mas, somando-se a esse número uma única atividade prática, obtém-se o número total de 50 atividades.

Abaixo, são apresentadas uma questão dissertativa e uma de múltipla escolha, selecionadas aleatoriamente, entre as encontradas:

Exemplo de questão dissertativa do Livro 3, p. 215:

14. Você já deve ter se deparado com desenhos da "pré-história", mostrando "homens da caverna" convivendo com dinossauros. Por que esse cenário não pode ser verdadeiro?

A questão, acima, é muito importante por focar uma ideia errada transmitida em obras de ficção como o desenho animado "Os Flintstones", tal abordagem pode contribuir para a superação de concepções alternativas equivocadas. Libarkin e Anderson (2005) acreditam que as concepções não científicas observadas entre os alunos entrevistados em suas pesquisas resultam de crenças religiosas ou divulgadas pela mídia (filmes e televisão). Mesmo diante de teorias bem estabelecidas na ciência, as visões não científicas influenciam bastante muitas pessoas.

Exemplo de questão de múltipla escolha do Livro 6, p. 70:

12. Os cientistas acreditam que a vida na Terra surgiu
- a) há 10 mil anos.
 - b) há aproximadamente 3,5 milhões de anos.
 - c) há 65 milhões de anos.
 - d) entre 4 bilhões e 5 bilhões de anos atrás.

A questão anterior exige que o aluno situe no tempo de longa duração, o evento de surgimento da vida, precisando diferenciar escalas e escolher a que melhor representa o tempo geológico. A produção de livros didáticos poderia levar em conta os estudos que apontam para o fato de visões religiosas ou passadas pela mídia irem contra as idéias científicas. Esse choque de visões de mundo pode estar presente nas salas de aula, segundo Libarkin e Anderson (2005). Alunos católicos ou evangélicos poderiam não gostar da questão anterior, ou mesmo se sentirem ofendidos pelo seu conteúdo, uma vez que ela indica que a Terra e a vida têm mais do que 10 mil anos, o que contradiz a bíblia. Os professores para bem utilizar os conteúdos veiculados pelos livros didáticos,

precisariam ter seus conhecimentos sobre as ciências geológicas e biológicas atualizados permanentemente, porém, Trend (2001), em suas pesquisas, constatou que um número grande de professores não compreende bem o tempo profundo nem como são feitas as datações relativa e absoluta.

As atividades e exercícios, envolvendo o tempo geológico mereceram um exame mais detalhado quanto ao tipo de habilidade e de raciocínio a serem desenvolvidos pelos estudantes e, por essa razão, as subcategorias apresentadas no quadro 4 expressam essas particularidades: **(I - 1)** Questão dissertativa; **(I - 2)** Questão de múltipla escolha; **(I - 3)** Questão dissertativa com figura; **(I - 4)** Questão de múltipla escolha com figura; **(I - 5)** Questão dissertativa com gráfico; **(I - 6)** Questão de múltipla escolha com gráfico; **(I - 7)** Questão dissertativa com filogenia; **(I - 8)** Questão de múltipla escolha com filogenia; **(I - 9)** Questão dissertativa com esquema; **(I - 10)** Questão de múltipla escolha com esquema; **(I - 11)** Questão dissertativa com tabela; **(I - 12)** Questão de múltipla escolha com tabela; **(I - 13)** Questão dissertativa incluindo uma analogia com o calendário; **(I - 14)** Questão de múltipla escolha incluindo uma analogia com o calendário; **(I - 15)** Questão dissertativa incluindo uma analogia com o relógio; **(I - 16)** Questão de múltipla escolha incluindo uma analogia com o relógio e **(I - 17)** Atividade prática: “Fita do Tempo”.

	Livro 1 (v 3)	Livro 2 (v 3)	Livro 3 (v 1)	Livro 4 (v2)	Livro 5 (v 3)	Livro 6 (v1)	Livro 7 (v3)	Livro 8 (v3)	Livro 9 (v 3)	Livro 10 (v1)	Livro 11(v2)	Livro 12 (v3)	TOTAL
I - 13 dissertativa analogia calendário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I - 14 múlt escolha analogia calendário	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
I - 15 dissertiva analogia relógio	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
I - 16 múlt escolha analogia relógio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I - 17 atividade prática	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
TOTAL	8	7	17	1	2	4	2	8	4	3	0	0	56

Analisando-se o Quadro 4, observa-se que as obras didáticas que apresentam o maior número de atividades são os livros 3, com dezessete exercícios, seguido pelos livros 1 e 8, ambos com oito atividades. Já as subcategorias de atividades mais frequentes foram: **(I - 2)** Questões de Múltipla Escolha, com quinze ocorrências; **(I - 1)** Questões Dissertativas com oito ocorrências e **(I - 8)** Questões de múltipla escolha com filogenia, com sete ocorrências. Mas alguns tipos de questões previstas não foram localizadas em nenhum dos livros didáticos examinados, são elas: **(I - 4)** Questão de múltipla escolha com figura; **(I - 7)** Questão dissertativa com filogenia; **(I - 9)** Questão dissertativa com esquema; **(I - 13)** Questão dissertativa incluindo uma analogia com o calendário; e **(I - 16)** Questão de múltipla escolha incluindo uma analogia com o relógio.

O fato de existirem muitas questões de múltipla escolha, deve-se às citações de questões de vestibular e do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) pelos livros didáticos.

A seguir são discutidos os exemplos de cada uma das subcategorias do Quadro 4:

(I - 1) Questão dissertativa (total de oito ocorrências), exemplo do Livro 1, p. 105.

2. Em que era surgiram os primeiros hominídeos e em que períodos?

A questão anterior, embora seja dissertativa, requer apenas a localização mecânica da resposta certa no capítulo do livro, sendo de simples memorização dos nomes das periodizações correspondentes ao surgimento do gênero humano, uma vez que não requer associações entre diferentes tipos de informações.

(I - 2) Questão de múltipla escolha (total de quinze ocorrências), exemplo do Livro 2, p. 30.

12 (Fuvest-SP) Considere os seguintes eventos evolutivos:

- I. Extinção dos dinossauros.
- II. Origem das plantas gimnospermas.
- III. Origem da espécie humana.

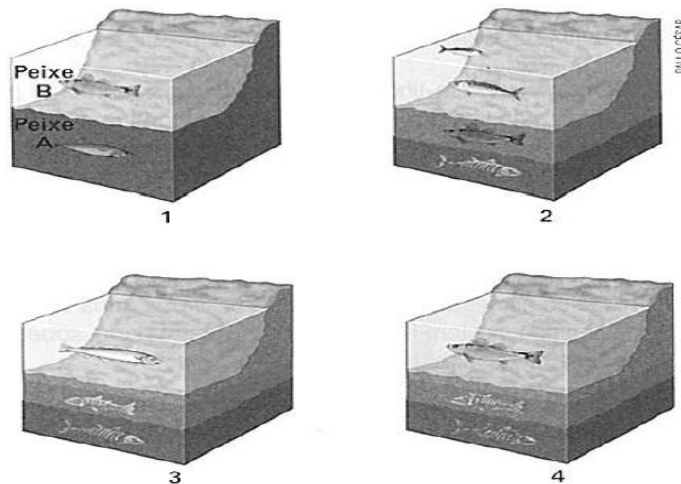
Qual das alternativas indica a ordem temporal correta em que esses eventos aconteceram?

- a) I → II → III
- b) I → III → II
- c) II → I → III
- d) II → III → I
- e) III → I → II

A questão anterior, embora de múltipla escolha, o que pode levar alguns leitores a pensarem que seja mais fácil, exige que os alunos organizem, na sequência correta, eventos biológicos ao longo do tempo, precisando, para isso, interpretar os textos ou tabelas do capítulo. De acordo com Libarkin (2007), a tarefa de organizar eventos geológicos ou biológicos na ordem correta não é tão difícil para os alunos, sendo o maior obstáculo, definir a quantidade de tempo que intercala cada evento.

(I - 3) Questão dissertativa com figura (total de cinco ocorrências), exemplo do Livro 4, p. 460.

7. (UEG-GO) A figura a seguir ilustra um importante processo que é analisado por paleontólogos para o entendimento das variações de complexidade e de diversidade de espécies.



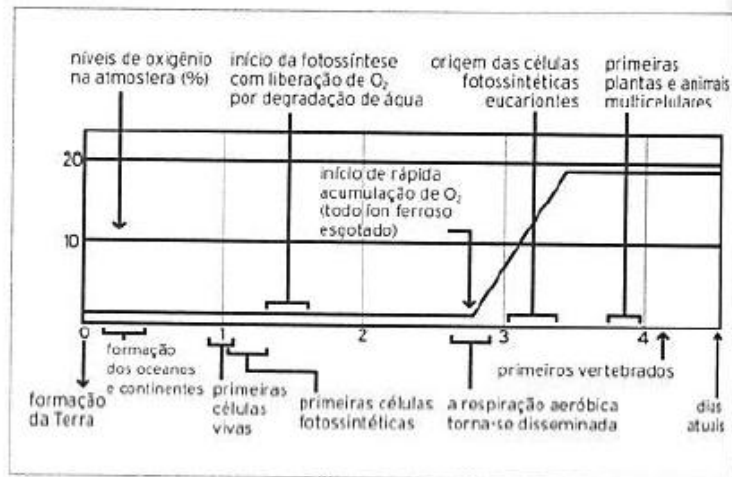
Sobre esse processo, responda ao que se pede.

- a) Qual o processo em questão?
- b) De que forma esse processo pode contribuir para o entendimento da evolução dos organismos?

A questão, anterior, requer a interpretação das figuras e a correlação com conhecimentos anteriores, tais como a compreensão do processo de fossilização, bem como os conhecimentos básicos de estratigrafia para entender que os fósseis mais antigos localizam-se nas camadas mais profundas dos sítios paleontológicos. Além disso, por se tratar de uma questão dissertativa, envolve não apenas a identificação do processo correto (fossilização), mas também a elaboração escrita de uma resposta em que sejam relacionados os registros fósseis e a reconstrução da história evolutiva da vida na Terra. Esse tipo de questão é interessante na medida em que mostra que a natureza está em constante transformação. Todavia, grande parte dos estudantes percebe a Terra como algo estático (KORTZ; MURRAY, 2009). Talvez, as camadas contendo cada peixe pudessem ser mais espessas de modo a representar o processo de fossilização, o qual ocorre sob grande pressão, temperatura e profundidade.

(I - 5) Questão dissertativa com gráfico (total de três ocorrências), exemplo do Livro 9, p. 198.

14. (Uerj) Observe o gráfico a seguir, que apresenta uma relação hipotética entre algumas das principais etapas da evolução dos organismos, o esgotamento do íon ferroso e as mudanças na percentagem de O_2 , na atmosfera.



No gráfico o tempo é medido em bilhões de anos.

Explique:

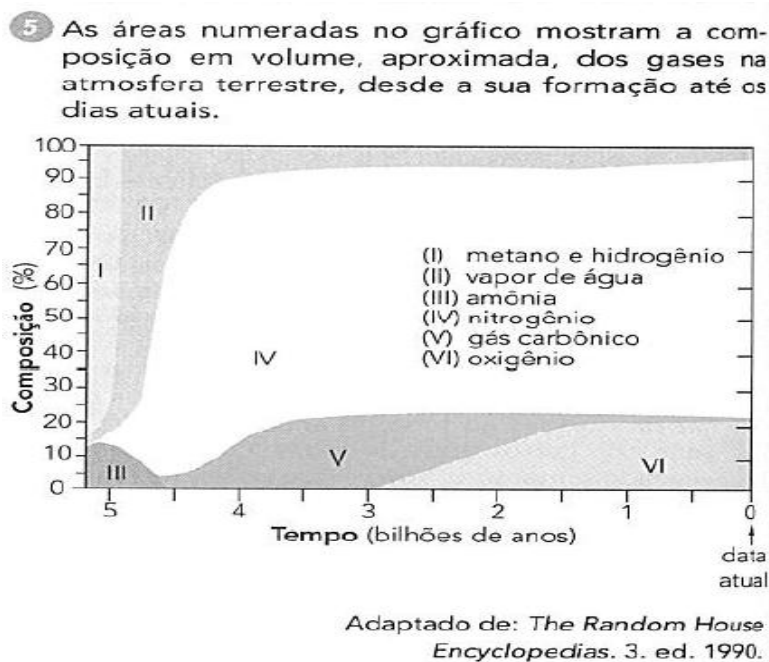
- por que a liberação de O_2 , ocorrida através da fotossíntese, há cerca de 3 bilhões de anos, não acarretou, de imediato, aumento no nível do oxigênio atmosférico.
- a relação entre o rápido acúmulo de oxigênio atmosférico e a disseminação dos organismos aeróbicos, de acordo com a Teoria Moderna da Evolução.

A questão, anterior, dissertativa, apresenta um alto nível de dificuldade. Primeiro porque para responder a pergunta (a), o estudante precisa interpretar o gráfico, o qual, além de omitir a legenda dos eixos vertical e horizontal, não destaca a linha que indica o percentual de oxigênio ao longo do tempo. Apesar disso, a proposta de interpretação das informações de um gráfico e a associação entre essas informações exige um raciocínio complexo a ser desenvolvido. O aluno precisa notar que os seres fotossintetizantes surgiram há cerca de 3 bilhões de anos, mas que o acúmulo de oxigênio na atmosfera só teve início há, aproximadamente, 2 bilhões de anos, porque, durante quase 1 bilhão de anos, o oxigênio liberado pela fotossíntese oxidou minerais de rochas marinhas. Essa

pergunta também exige a correlação entre a linha de tempo geológico e eventos geológicos e biológicos.

Já a pergunta (b), da questão acima, requer a mobilização de conhecimentos e informações não disponíveis no gráfico, tais como o efeito da presença de níveis crescentes de oxigênio, na atmosfera, os quais produziram a seleção de seres aeróbicos, assim como a extinção massiva de seres anaeróbicos. Tal alteração na atmosfera primitiva favoreceu a evolução dos organismos aeróbicos, criando as condições para o surgimento de seres multicelulares, uma vez que a respiração aeróbica produz mais energia para os organismos, a partir dos nutrientes, do que a anaeróbia.

(I - 6) Questão de múltipla escolha com gráfico (total de sete ocorrências), exemplo do Livro 8, p. 212.



Considerando apenas a composição atmosférica, isolando outros fatores, pode-se afirmar que:

- I. não podem ser detectados fósseis de seres aeróbicos anteriores a 2,9 bilhões de anos.
- II. as grandes florestas poderiam ter existido há aproximadamente 3,5 bilhões de anos.
- III. o ser humano poderia existir há aproximadamente 2,5 bilhões de anos.

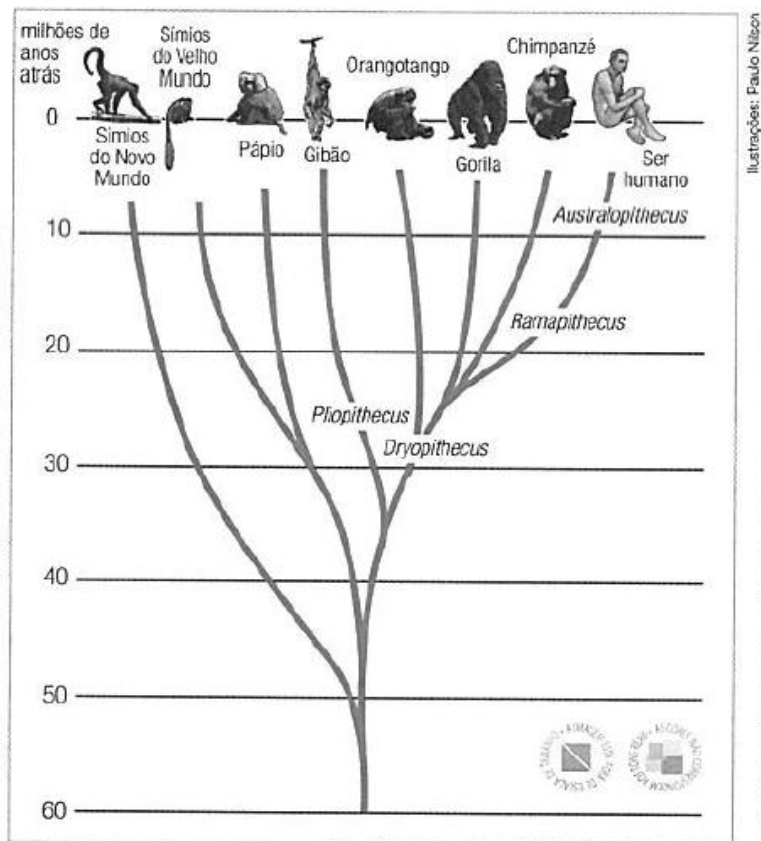
É correto o que se afirma em:

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

A questão, anterior, apresenta um gráfico com os eixos indicados e em que é clara a distinção entre as curvas que representam cada elemento da composição atmosférica. Também é indicada a fonte bibliográfica de onde o gráfico foi adaptado, o que pode facilitar a busca de informações adicionais sobre o assunto pelo professor ou pelos estudantes. Por fim, as afirmações a serem avaliadas pelo aluno, exigem a interpretação do gráfico e o conhecimento do significado de conceitos, tais como seres aeróbicos para testar a possibilidade dos organismos citados terem existido nos períodos geológicos indicados, de acordo com a composição atmosférica correspondente.

(I - 8) Questão de múltipla escolha com filogenia (total de sete ocorrências), exemplo do Livro 1, p. 105-6.

3. (Enem-MEC) O assunto na aula de Biologia era a evolução do Homem. Foi apresentada aos alunos uma árvore filogenética, igual à mostrada na ilustração, que relacionava primatas atuais e seus ancestrais.



4. (Enem-MEC) Se fosse possível a uma máquina do tempo percorrer a evolução dos primatas em sentido contrário, aproximadamente quantos milhões de anos precisaríamos retroceder, de acordo com a árvore filogenética apresentada (teste 3), para encontrar o ancestral comum do homem e dos macacos antropóides (gibão, orangotango, gorila e chimpanzé)?
- a) 5
 b) 10
 x c) 15
 d) 30
 e) 60

A resposta indicada no livro como correta, alternativa “c”, para a questão parece equivocada porque a interpretação do gráfico leva a crer que o ancestral comum do homem e dos macacos antropóides teria existido há aproximadamente 35 milhões de

anos, alternativa “d”, e não há 15 milhões de anos - alternativa “c”. Para interpretar a filogenia, o estudante precisa saber o significado das bifurcações e relacioná-las com a linha do tempo, no eixo vertical. O estudante também precisa entender que todos os macacos representados por desenhos, incluindo o homem, são contemporâneos, portanto, nenhum deles é ancestral do outro. Assim, o aluno precisa saber que a relação de ancestralidade é estabelecida pelo eixo vertical e não pelo horizontal. Mas, a representação do ser humano no topo e à direita pode reforçar uma interpretação equivocada de que o ser humano descenderia de macacos contemporâneos como os chimpanzés. Além disso, observa-se um aumento de tamanho dos desenhos dos macacos da esquerda para a direita o que também pode levar a uma interpretação errônea da filogenia.

O posicionamento do ser humano no canto superior direito de filogenias, muitas vezes afastado dos demais animais, dando a impressão de ser o resultado final do processo evolutivo, reflete uma forma de pensar antropocêntrica. O debate sobre questões de natureza filosófica, como o posicionamento do ser humano na filogenia acima, e o estudo da evolução podem gerar debates acalorados nas escolas e universidades. A evolução é uma das bases da biologia moderna, contudo, muitos estudantes são defensores de ideias criacionistas. Todavia, mesmo contrariando a crença de pais e colegas muitos alunos querem aprender evolução (MOORE, 2006). Como futuro professor, considero importante incentivar discussões desse tipo e com o cuidado de destacar, como exige a profissão de professor, as teorias científicas mais aceitas, conforme Libarkin (2005) aponta em seu trabalho.

(I - 10) Questão de múltipla escolha com esquema (total de quatro ocorrências) exemplo do Livro 8, p. 211.

10.(Enem-2002) Na solução aquosa das substâncias orgânicas pré-bióticas (antes da vida), a catálise produziu a síntese de moléculas complexas de toda classe, inclusive proteínas e ácidos nucleicos. A natureza dos catalisadores primitivos que agiam antes não é conhecida. É quase certo que as argilas desempenharam papel importante: cadeias de aminoácidos podem ser produzidas no tubo de ensaio mediante a presença de certos tipos de argila. (...)

Mas o avanço verdadeiramente criativo – que pode, na realidade, ter ocorrido apenas uma vez – ocorreu quando uma molécula de ácido nucleico “aprendeu” a orientar a reunião de uma proteína, que, por sua vez, ajudou a copiar o próprio ácido nucleico. Em outros termos, um ácido nucleico serviu como modelo para a reunião de uma enzima que poderia então auxiliar na produção de mais ácido nucleico. Com este desenvolvimento apareceu o primeiro mecanismo potente de realização. A vida tinha começado.

Adaptado de: LURIA, S. E. *Vida: experiência inacabada*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia; São Paulo: Edusp, 1979.

Considere o esquema abaixo:



Adaptado de GEPEQ – Grupo de Pesquisa em Educação Química,
USP – *Interações e transformações III; química e sobrevivência – atmosfera.*
(Livro do aluno) São Paulo: Edusp, 1998.

O “avanço verdadeiramente criativo” citado no texto deve ter ocorrido no período (em bilhões de anos) compreendido aproximadamente entre:

- a) 5,0 e 4,5.
- b) 4,5 e 3,5.
- c) 3,5 e 2,0.
- d) 2,0 e 1,5.
- e) 1,0 e 0,5. Resposta: b

A questão anterior exige a interpretação e a correlação de informações presentes no texto; no esquema, que representa uma linha de tempo geológico com o destaque de eventos biológicos; e na própria pergunta. Em cada um desses espaços a informação aparece com um formato diferente. Também é interessante notar que as alternativas da resposta exibem intervalos de tempo, indicando que as datações são aproximadas e não exatas.

Esse esquema poderia indicar melhor a distância entre o surgimento da espécie humana e o dos répteis, reforçando que o tempo que nós humanos estamos aqui na Terra, comparado a eventos geológicos é quase como um piscar de olhos (DODICK, 2007). Talvez uma nota próxima desse esquema salientando a brevidade da vida humana fosse interessante. Quanto mais o aluno tem a noção da quantidade de tempo enorme que separa eventos biológicos, como a extinção dos dinossauros e o surgimento do ser humano, melhor será sua compreensão da Teoria da Evolução. A maioria dos estudantes

tem mais facilidade em organizar eventos de longa duração na ordem correta do que determinar a duração do tempo que separa esses eventos (LIBARKIN, 2007).

Esse mesmo autor também destaca a importância de se discutir, na sala de aula, o tempo requerido para a origem e a evolução de organismos simples e complexos, assim como a escala de mudanças nos organismos ao longo da história da Terra. É uma pena que como futuro professor, infelizmente, talvez eu tenha pouco tempo, irônicamente, para explicar esses e outros aspectos importantes da geologia e de outras áreas, dado o volume de conteúdos que tradicionalmente são trabalhados nas escolas que tentam se adequar às provas de exames vestibulares.

(I - 11) Questão dissertativa com tabela, uma única ocorrência no Livro 2, p. 235.

5 Observe a tabela abaixo, que apresenta as mudanças no ambiente que ocorreram nos continentes há milhares de anos.

No interior do Ceará, pesquisadores escavaram vários metros e encontraram fósseis de peixes e de outros seres marinhos, do período Devoniano (cerca de 350 milhões de anos atrás).



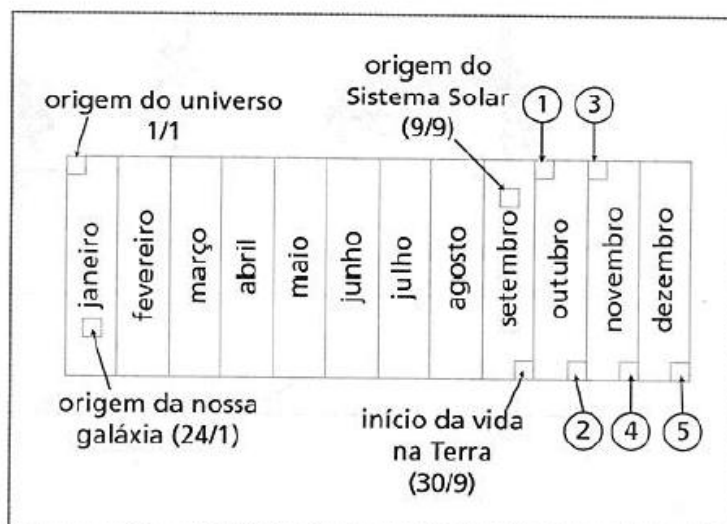
Período	Milhões de anos atrás	Principais transformações na superfície terrestre
Cambriano	600-500	Os mares eram extensos e recobriam a maior parte dos continentes.
Devoniano	395-345	Os mares recobriam a maior parte dos continentes. Em certas regiões, havia vulcões e formação de montanhas.
Permiano	280-230	Os mares regrediram e os continentes ficaram maiores.
Terciário	65-1	Surgimento das cordilheiras dos Andes e Himalaia.

Depois de observar atentamente a tabela, dê uma explicação para existirem fósseis de peixes no interior do Brasil, baseando-se nos conceitos vistos neste capítulo.

A questão, acima, propõe a interpretação do texto em que é mencionado um achado paleontológico de pesquisadores brasileiros. Isso é extremamente relevante para os estudantes perceberem que também existem fósseis próximos de nós. A questão requer a localização da informação associada ao fóssil brasileiro, no intervalo de tempo correspondente ao período Devoniano, sendo necessária a leitura e a interpretação dos textos da tabela. As informações da tabela também permitem explorar as condições necessárias para a formação dos fósseis. Finalmente, o aluno precisa interpretar a pergunta subsequente à tabela e elaborar uma resposta dissertativa. Portanto, essa questão incide fortemente sobre as competências de leitura e escrita.

(I - 14) Questão de múltipla escolha, incluindo uma analogia com o calendário, com uma única ocorrência no Livro 2, p. 29.

- 11** (Enem-2008) Suponha que o universo tenha 15 bilhões de anos de idade e que toda a sua história seja distribuída ao longo de 1 ano – o calendário cósmico –, de modo que cada segundo corresponda a 475 anos reais e, assim, 24 dias do calendário cósmico equivaleriam a cerca de 1 bilhão de anos reais. Suponha, ainda, que o universo comece em 1º de janeiro à zero hora no calendário cósmico e o tempo presente esteja em 31 de dezembro às 23h 59 min 99s. A escala abaixo traz o período em que ocorreram alguns eventos importantes nesse calendário.



Se a arte rupestre representada ao lado fosse inserida na escala, de acordo com o período em que foi produzida, ela deveria ser colocada na posição indicada pela seta de número:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

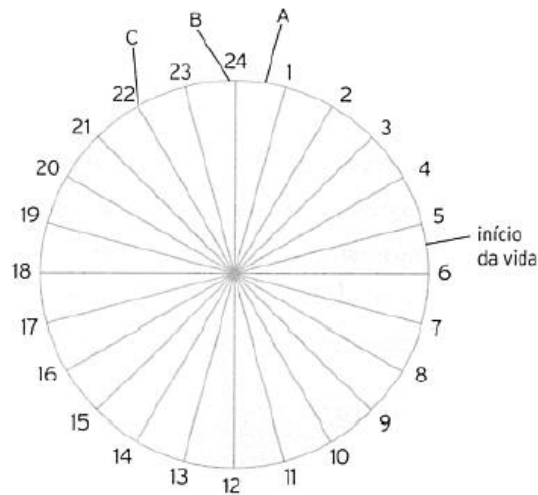


Na questão anterior são apresentadas inúmeras informações tanto no texto, para explicar o significado do “calendário cósmico”, quanto no quadro subsequente, simplificado. A pergunta requer que o aluno saiba que o surgimento da espécie humana foi muito recente na longa história do Universo. A abordagem é interessante porque, se bem explorada, permite um pensamento por analogia, bem como contribui para a descentração humana, demonstrando o tempo ínfimo de sua existência em comparação com o tempo de formação do sistema solar e do surgimento da vida na Terra.

(I - 15) Questão dissertativa, incluindo uma analogia com o relógio, com uma única ocorrência no Livro 9, p. 194.

11. No início do capítulo reduzimos a escala do tempo geológico a um ano para melhor compreendermos sua vastidão. Desta vez você deverá reproduzir em seu caderno o esquema abaixo, que representa o mesmo tempo geológico, mas agora reduzido a apenas um dia ou 24 horas. Neste "relógio", cada hora corresponde a mais ou menos 190 milhões de anos. Com base nessas informações, faça a correlação entre os eventos mencionados no quadro abaixo e as letras presentes no esquema.

- Formação da Terra.
- Primeiros ancestrais humanos.
- Surgimento dos dinossauros.



A questão, acima, traduz o tempo geológico em um modelo conhecido pelos alunos que é o do relógio, possibilitando não só a localização de eventos significativos, mas também a possibilidade de comparação quanto a duração relativa entre eles. O aluno é levado a verificar que depois da formação do planeta Terra, houve um período extenso sem vida e que, depois do surgimento da vida, levou um período ainda maior para surgirem seres como os dinossauros. Finalmente, o aluno depara-se com a representação dos ancestrais humanos surgindo nos últimos minutos do "relógio cósmico". Essa questão cumpre as recomendações de Bonito (2011) de aproximar o tempo geológico das experiências de vida dos estudantes, como o passar das horas, medido pelo relógio.

(I - 17) Atividade prática - “Fita do Tempo” com uma única ocorrência também no livro 9, p. 193. Cabe aqui destacar que essas duas últimas atividades foram elaboradas pelos próprios autores da obra.

Práticas de Biologia

A fita do tempo

A Objetivo

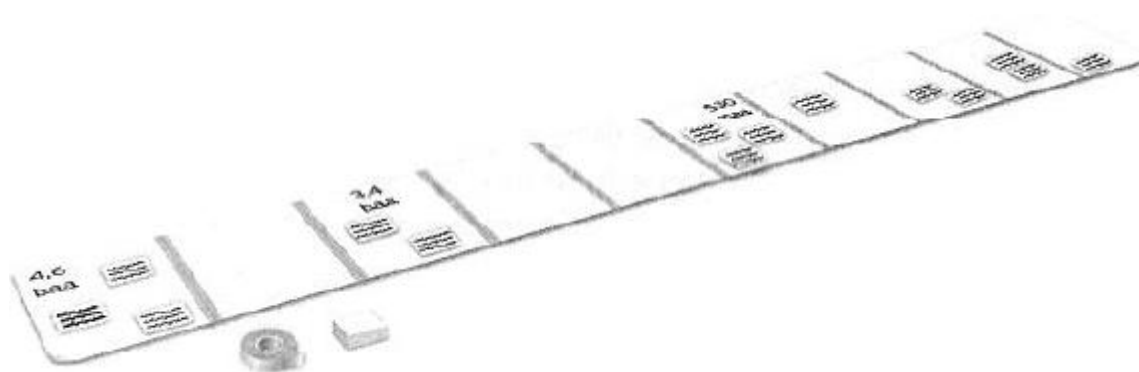
Compreender as dimensões do tempo geológico da Terra (4,6 bilhões de anos) e dos eventos que marcaram a história da vida. Observar a sequência desses eventos no tempo.

B Material

- 10 folhas de cartolina
- bloco com folhas adesivas
- fita adesiva larga ou cola branca
- caneta hidrográfica

C Procedimentos

1. Construa a “fita do tempo”, unindo todas as cartolinas (com fita adesiva ou cola) para que formem uma longa fita, como mostra a figura acima.
2. A linha do tempo começa em 4,6 b.a.a. (bilhões de anos atrás). Portanto, marque esse valor no topo da extremidade esquerda da fita (na primeira cartolina).
3. Na terceira cartolina, marque o valor 3,4 b.a.a. em cima e centralizado. Na sexta cartolina, no canto superior direito, marque 530 m.a.a. (milhões de anos atrás).
4. Anote os eventos listados na tabela a seguir, em diversas folhas do bloco (cada folha representará um evento). A distância entre os eventos não ficará em escala.



Extinção dos mamíferos gigantes	<i>Homo sapiens</i>	Primeiros dinossauros
Angiospermas	Início da separação dos continentes	Primeiros invertebrados
<i>Archaeopteryx lithographica</i>	Lucy	Primeiros mamíferos
Colonização do ambiente terrestre	Muitos peixes	Primeiros primatas
Extinção dos dinossauros	Aves atuais	Primeiros anfíbios
Grande radiação dos dinossauros	Primeiras gimnospermas	Tetrápodes
Surgimento dos mamíferos gigantes	Aparecimento das plantas vasculares	Primeiras aves
<i>Homo habilis</i>	Primeiros vertebrados	<i>Tyrannosaurus rex</i>

A atividade anterior não apresenta um comando claro. Os alunos poderiam ordenar os eventos de acordo com os seus conhecimentos ou, precisariam consultar o livro para descobrir o período de ocorrência de cada um dos 24 eventos, indicados no quadro acima, e, então, ordená-los corretamente. É uma lástima, que os autores não proponham a realização de uma representação espacial em escala, o que seria possível, transformando cada 10 milhões de anos, em um centímetro. Uma representação em escala dos 4,6 bilhões de anos de história da Terra exigiria a confecção de uma linha de 4 metros e 60 centímetros, correspondendo a quase 7 cartolinas. Diferentemente da atividade proposta pelos autores, a confecção de uma linha de tempo em escala que tornasse possível a comparação da duração dos eventos, seria muito mais significativa e surpreendente do que apenas, organizar os eventos em sequência.

Trend (2009), cita que para o ensino do tempo geológico o professor deve pensar em estratégias que visem estimular elementos que contribuam para o desenvolvimento de aspectos cognitivos e emocionais dos alunos. Atividades práticas, que estabeleçam paralelos com vivências pessoais e que permitam visualizar o tempo em uma escala espacial, através de uma longa corda ou tabela, parecem adequadas para o ensino do

tempo geológico e evolução. Libarkin (2007), ressalta que a maioria do alunos é capaz de organizar eventos geológicos e biológicos na ordem correta, porém falha ao determinar o tempo de duração de cada evento e a distância entre eles. Richardson (2000) vai mais além e propõe que as linhas de tempo podem também representar o tempo de vida do estudante, o que permitira realizar uma comparação relativa de eventos de curta e de longa duração, em uma escala humana e em uma escala geológica.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, a terceira categoria que foi localizada com maior frequência nos livros didáticos foi a **categoria E** - Quadros de periodizações, linhas de tempo, filogenias, esquemas, gráficos e figuras - com 32 ocorrências. A Coleção em que ela mais apareceu foi a dos livros 10, 11 e 12 (Quadro 1).

A **categoria E** é constituída por representações do tempo geológico que possibilitam comparar eventos geológicos e biológicos, apresentando a história da vida na Terra de forma sintética. Chama a atenção o fato de nenhuma das representações ser produzida em escala, o que dificulta a construção da ideia de que o período pré-cambriano, dominado por organismos unicelulares, representa cerca de 80% do tempo de existência de nosso planeta. Essas representações também não chegam a destacar a inexpressividade, em termos de tempo profundo, da duração da vida humana.

Essa categoria também foi dividida em subcategorias: **(E - 1)** Filogenia com animais vertebrados (humanos, outros mamíferos, aves) ou plantas angiospermas posicionados na parte superior direita; **(E - 2)** Filogenias com animais vertebrados (humanos, outros mamíferos, aves etc) ou plantas angiospermas posicionados numa região que não a superior direita; **(E - 3)** Tabela contendo periodizações (éons, eras, períodos etc.) e o tempo em milhões de anos; **(E - 4)** Tabela contendo periodizações (éons, eras, períodos etc.), tempo em milhões de anos e eventos biológicos ou geológicos marcantes; **(E - 5)** Linha do tempo; **(E - 6)** Gráfico de extinções; **(E - 7)** Gráfico com percentual de oxigênio; **(E - 8)** Esquema de tectônica de placas; **(E - 9)** Figura que salienta o tempo de existência de seres vivos e **(E - 10)** Figuras com múltiplas informações reunidas: diversificação e tempo de existência de seres vivos, taxa de oxigênio ao longo do tempo, periodizações etc.

Examinando-se o Quadro 5, percebe-se que o livro que apresenta o maior número de ocorrências dessa categoria é o livro 11, com oito ocorrências.

Quanto às subcategorias mais frequentes são: **(E - 1)** Filogenia com animais vertebrados (humanos, outros mamíferos, aves) ou plantas angiospermas posicionados

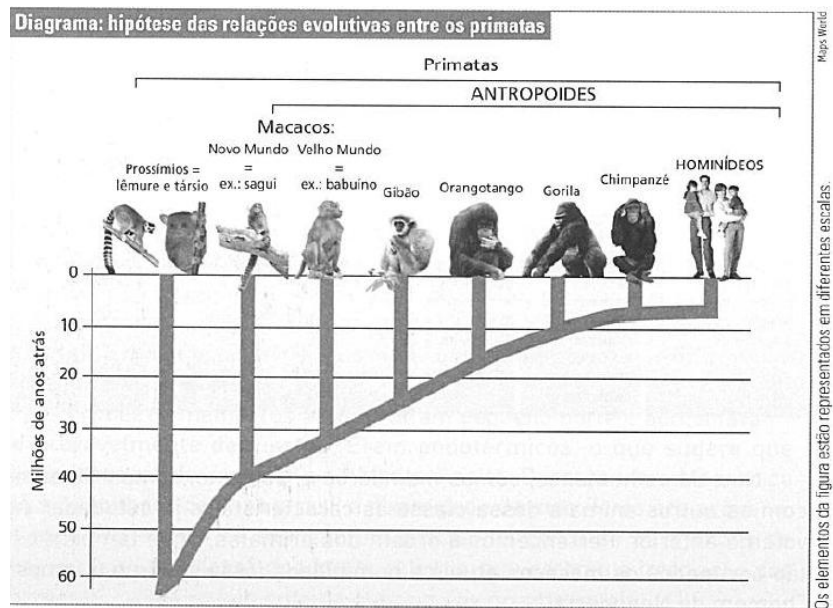
na parte superior direita; **(E - 4)** Tabela contendo periodizações (éons, eras, períodos etc.), tempo em milhões de anos e eventos biológicos ou geológicos marcantes; e **(E - 5)** Linha do tempo, cada uma dessas subcategorias com cinco ocorrências.

Quadro 5: Número de ocorrências da **categoria E** - Quadros de periodizações, linhas de tempo, filogenias, esquemas, gráficos e figuras, organizadas nas subcategorias (**E -1** até **E-10**), por livro didático.

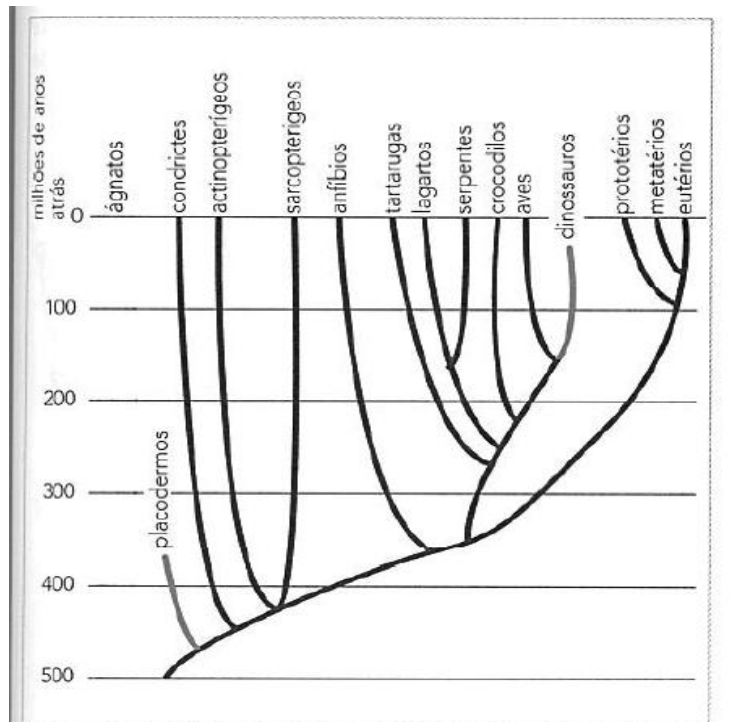
	E - 1 filog vert sup direita	E - 2 filog vert	E - 3 tab period	E - 4 tab periodiz e eventos	E - 5 linha tempo	E - 6 grafic extinç	E - 7 graf oxig	E - 8 tectôn placas	E - 9 tempo existênc	E -10 fig múlt informações	TOTAL
Livro 1 (v. 3)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Livro 2 (v. 3)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Livro 3 (v.1)	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
Livro 4 (v.2)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Livro 5 (v. 3)	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Livro 6 (v.1)	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3
Livro 7 (v. 3)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Livro 8 (v. 3)	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	4
Livro 9 (v. 3)	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3
Livro 10 (v.1)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Livro 11 (v.2)	2	1	0	0	2	0	1	0	0	2	8
Livro 12 (v.3)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
TOTAL	5	3	2	5	5	1	3	3	3	2	

A seguir, são apresentados exemplos de cada uma das subcategorias:

(E - 1) Filogenia com animais vertebrados (humanos, outros mamíferos, aves) ou plantas angiospermas posicionados na parte superior direita, (com cinco ocorrências), exemplo do Livro 2 , p. 14.



Exemplo do Livro 8, p. 199.



► Fig. 13.18 Árvore filogenética simplificada dos vertebrados. Em vermelho algumas linhagens extintas, como os dinossauros e os placodermos (primeiros peixes com maxilas).

Exemplo do Livro 8, p. 442.

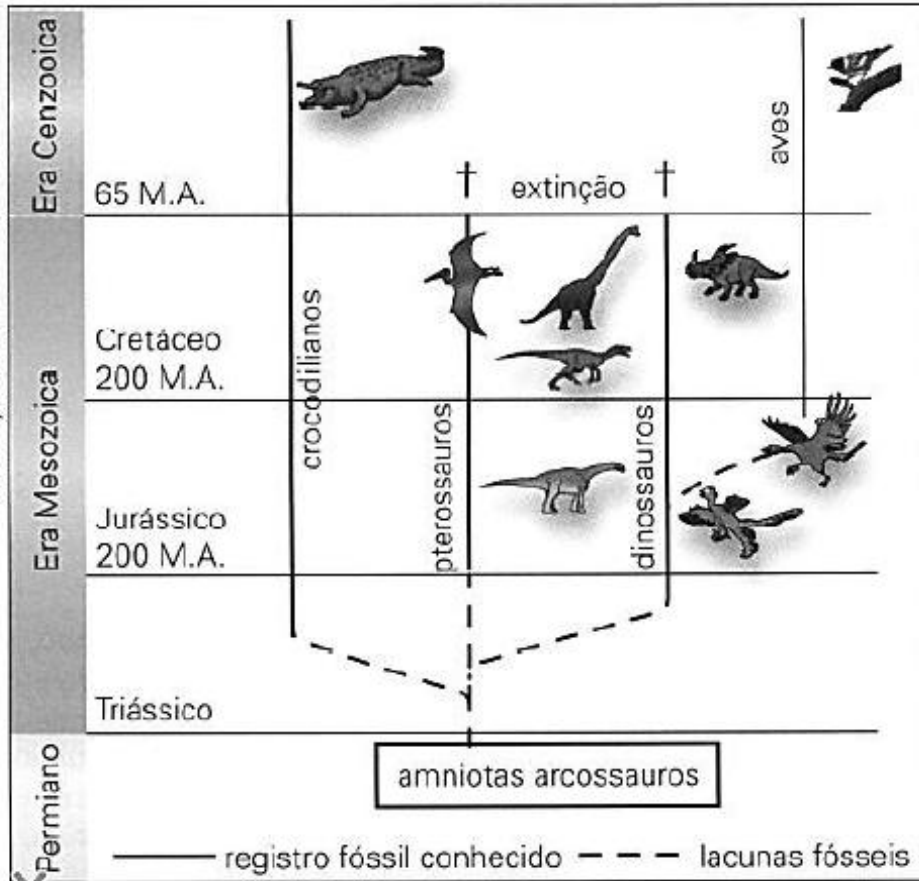
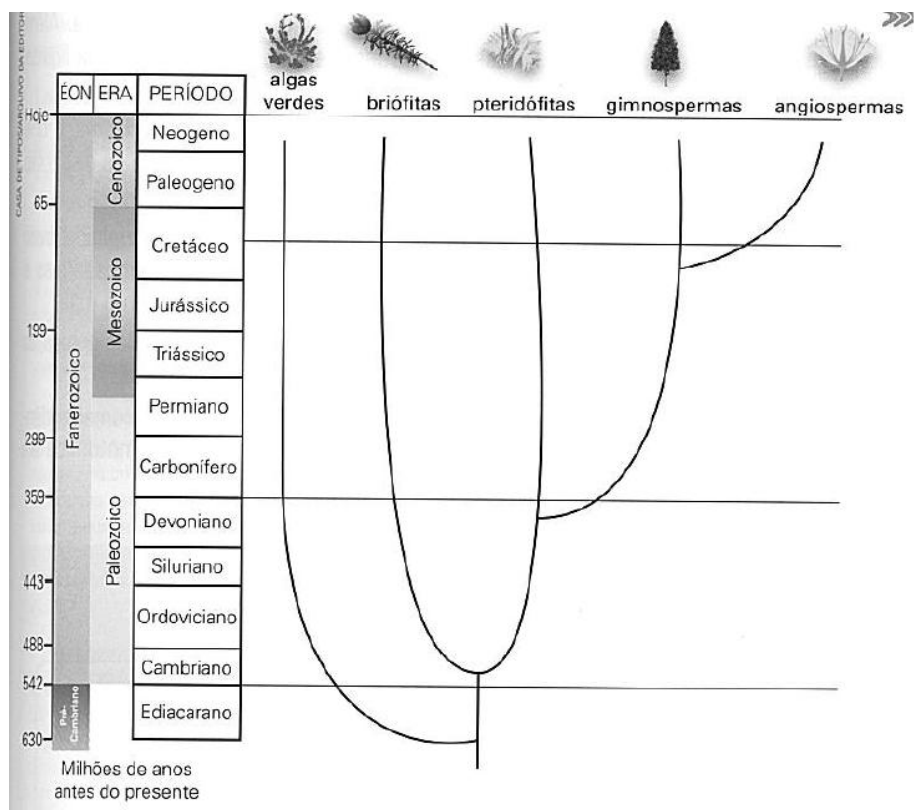


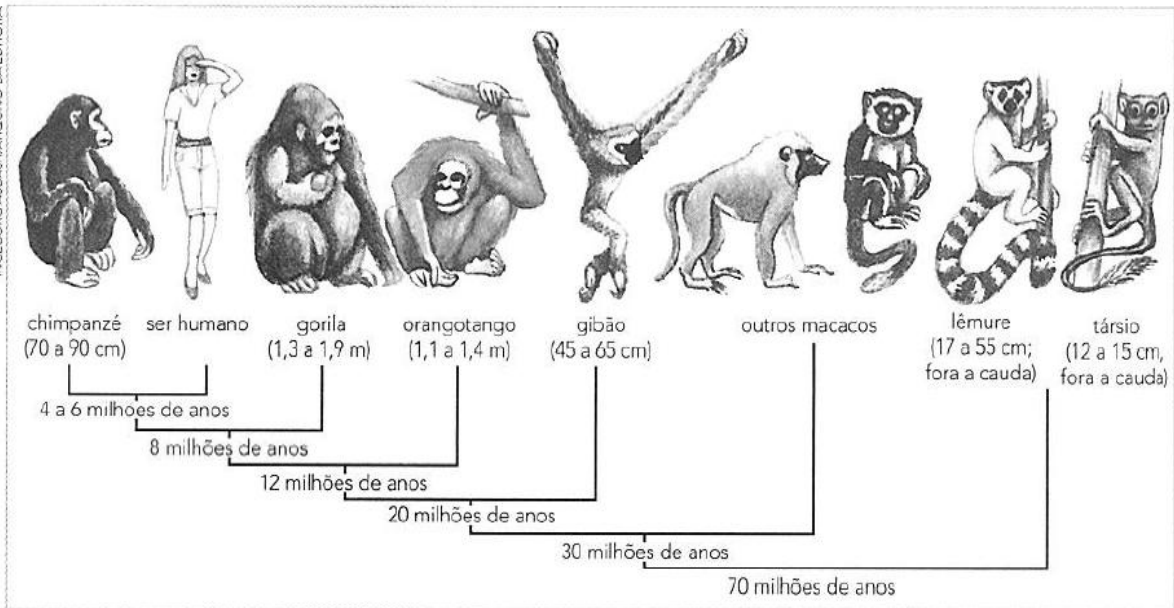
Figura 16.32

A partir de amniotas do Triássico, surgiram as linhagens dos crocodilianos, dos pterossauros e dos dinossauros. Desta última surgiram aves, como o *Archeopteryx*.

Exemplo do Livro 11, p. 169:



(E - 2) Filogenia com animais vertebrados (humanos, outros mamíferos, aves etc) ou plantas angiospermas posicionados numa região que não a superior direita (com um total de três ocorrências). Exemplo do Livro 8, p. 200.



► Fig. 13.21 Árvore filogenética simplificada indicando o parentesco evolutivo entre a espécie humana e outros primatas. Observação: há duas espécies de chimpanzés: o chimpanzé comum (*Pan troglodytes*) e o bonobo (*Pan paniscus*). (As medidas indicam o comprimento do animal. Os elementos ilustrados não estão na mesma escala. Cores-fantasia.)

(E - 3) Tabela contendo periodizações (éons, eras, períodos etc.) e o tempo em milhões de anos (com duas ocorrências), exemplo do Livro 1, p. 96.

A tabela a seguir mostra as divisões da história da Terra e seu início, em milhões de anos.

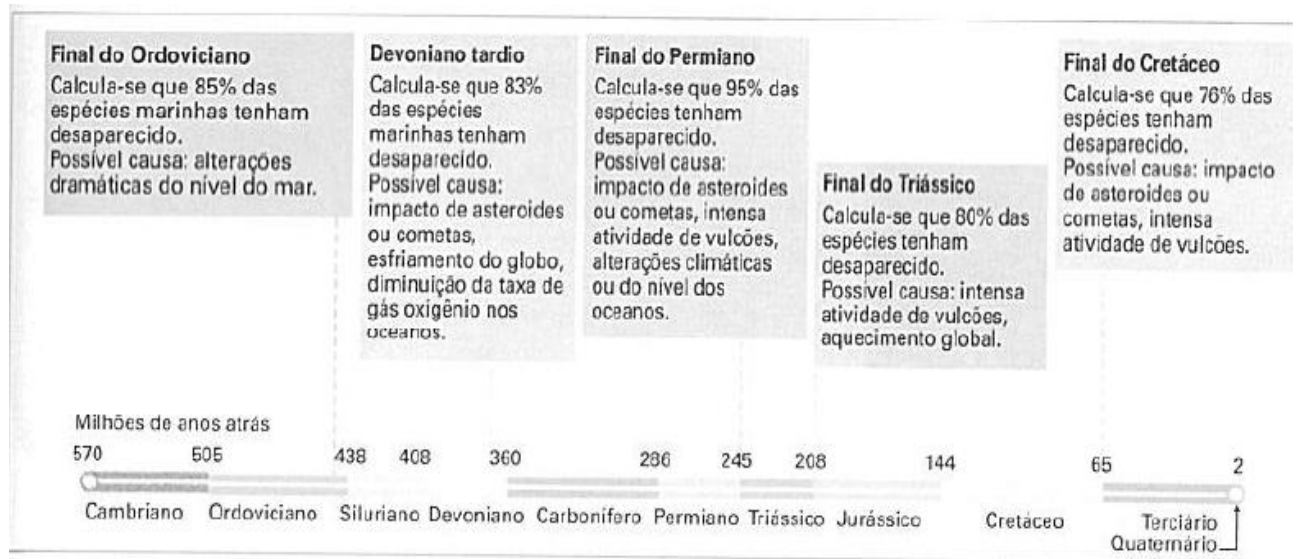
ERA	PERÍODO	ÉPOCA	INÍCIO/ MILHÕES DE ANOS
Cenozoica	Quaternário	Recente	0,01
		Pleistoceno	1,8
		Plioceno	5
	Terciário	Mioceno	22,5
		Oligoceno	36
		Eoceno	54
		Paleoceno	65
Mesozoica	Cretáceo		140
	Jurássico		195
	Triássico		230
	Permiano		280
	Carbonífero		345
Paleozoica	Devoniano		395
	Siluriano		435
	Ordoviciano		500
	Cambriano		600
	Proterozoica	Pré-	
Arqueozoica	-Cambriano		4 600

(E - 4) Tabela contendo periodizações (éons, eras, períodos etc.), tempo em milhões de anos e eventos biológicos ou geológicos marcantes (com um total de cinco ocorrências), exemplo do Livro 6, p. 67.

Tabela 2.1 Eventos biológicos durante o tempo geológico				
Era	Período	Época	Milhões de anos atrás	Eventos biológicos importantes
Cenozoica	Quaternário	Recente	0 - 0,01	Dispersão do <i>Homo sapiens</i> moderno pelo planeta e aparecimento da civilização humana; declínio das grandes florestas e considerável extinção de espécies.
		Pleistoceno	0,01 - 2	Aparecimento da espécie humana moderna; extinção de mamíferos de grande porte.
	Terciário	Plioceno	2 - 6	Aparecimento dos hominídeos; expansão dos mamíferos de grande porte.
		Mioceno	6 - 24	Expansão dos campos e diminuição das florestas.
		Oligoceno	24 - 37	Aparecimento dos macacos antropóides e de muitas famílias de plantas modernas.
		Eoceno	37 - 58	Aparecimento das ordens modernas de mamíferos e expansão das aves.
		Paleoceno	58 - 66	Diversificação dos mamíferos e das plantas angiospermas; aparecimento dos primeiros primatas (prossímios).
Mesozoica	Cretáceo		66 - 144	Extinção dos dinossauros e de diversas espécies de animais e plantas; aparecimento dos mamíferos placentários e das plantas angiospermas.
	Jurássico		144 - 208	Apogeu dos dinossauros; abundância de plantas gimnospermas; aparecimento dos ancestrais das aves.
	Triássico		208 - 245	Aparecimento dos dinossauros, dos mamíferos e de plantas gimnospermas dos grupos das cicas e dos gincos.
Mesozoica	Cretáceo		66 - 144	Extinção dos dinossauros e de diversas espécies de animais e plantas; aparecimento dos mamíferos placentários e das plantas angiospermas.
	Jurássico		144 - 208	Apogeu dos dinossauros; abundância de plantas gimnospermas; aparecimento dos ancestrais das aves.
	Triássico		208 - 245	Aparecimento dos dinossauros, dos mamíferos e de plantas gimnospermas dos grupos das cicas e dos gincos.
Paleozoica	Permiano		245 - 286	Diversificação dos répteis e declínio dos anfíbios; aparecimento das plantas gimnospermas (coníferas) e da maioria das ordens modernas de insetos.
	Carbonífero		286 - 360	Diversificação dos anfíbios; aparecimento dos répteis; expansão de insetos e de florestas de plantas semelhantes a pteridófitas, que deram origem aos depósitos de carvão mineral.
	Devoniano		360 - 408	Aparecimento das primeiras plantas com sementes, dos anfíbios e dos insetos. Abundância de moluscos e de trilobites e considerável diversidade de peixes dotados de mandíbula.
	Siluriano		408 - 438	Aparecimento das primeiras plantas vasculares em ambiente de terra firme e dos primeiros peixes dotados de mandíbula.
	Ordoviciano		438 - 505	Continuidade da diversificação das algas e grande expansão dos invertebrados e dos peixes sem mandíbulas.
	Cambriano		505 - 570	Diversificação das algas e dos invertebrados, com aparecimento dos primeiros animais dotados de esqueleto.
Pré-Cambriana (de 570 milhões a 4,6 bilhões de anos atrás)	Ediacarano		570 - 600	Diferenciação dos seres multicelulares.
			1.000 2.000 2.500 3.500 4.000	Origem provável: • dos primeiros seres vivos multicelulares. • das primeiras células eucarióticas. • da fotossíntese. • das primeiras células (procarióticas). • da vida na Terra.

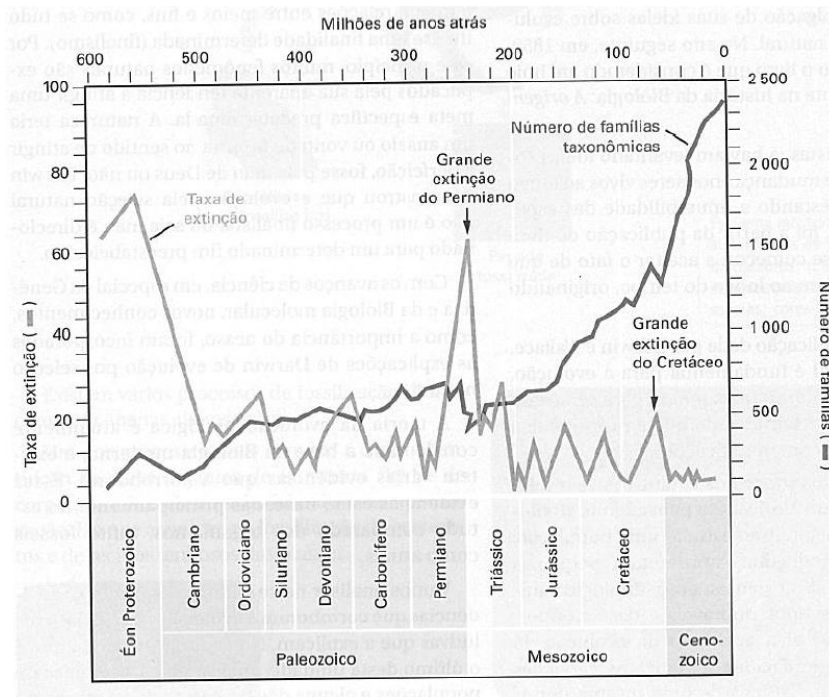
(Modificado de Mader, S. S., 1998.)

(E - 5) Linha do tempo (com um total de cinco ocorrências), exemplo do Livro 3, p. 211.



Linha do tempo apontando os cinco grandes eventos de extinção com base em dados fósseis.

(E - 6) Gráfico de extinções com uma única ocorrência no Livro 4, p. 431.



Fonte: CAMPBELL, N. D.; REECE, J. B. *Biologia*. 7. ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007.

Sendo as extinções tão importantes para o entendimento da Evolução, chama a atenção o fato de um gráfico dessa natureza ser tão raro nos livros didáticos.

(E - 7) Gráfico com percentual de oxigênio (três ocorrências), exemplo do Livro 11, p. 188.

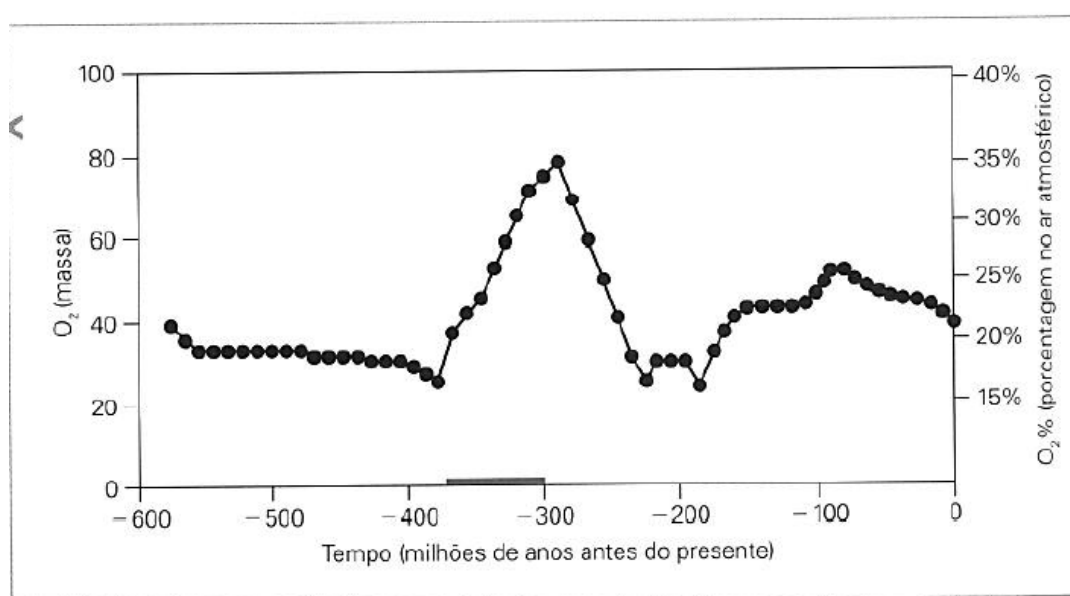


Figura 5.33
Variação do teor de oxigênio no ar atmosférico nos últimos 550 milhões de anos. Há pouco menos de 400 milhões de anos o teor de oxigênio aumentou, chegando a ultrapassar os 35%, bem acima dos 21% atuais. Em verde, destaque para o período correspondente ao Carbonífero.

(E - 8) Esquema de tectônica de placas (com três ocorrências), exemplo do Livro 6, p. 69.

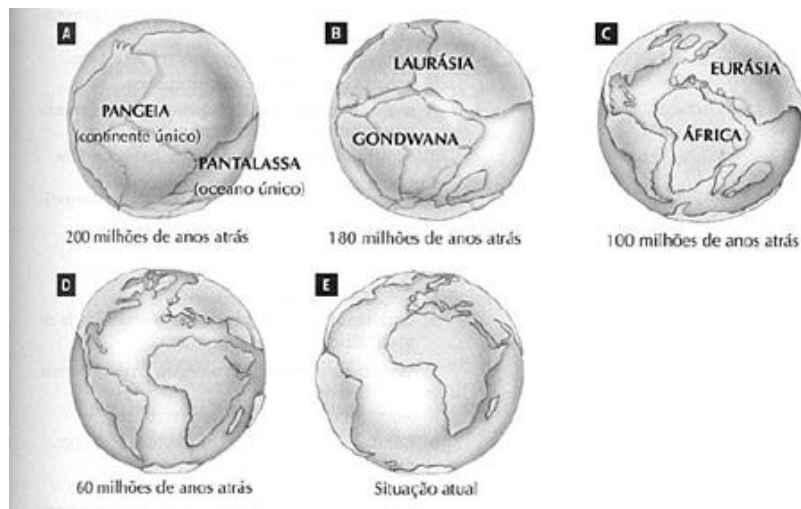


Figura 2.19 Representação da sequência da movimentação dos continentes nos últimos 200 milhões de anos, segundo a teoria da deriva continental. **A**. De início, havia um único continente denominado Pangeia (do grego *pan*, todo, e *gaa*, Terra) e um único oceano, o Pantalassa (do grego *pan*, todo, e *thalassa*, mar). **B**. A Pangeia dividiu-se em dois blocos: Laurásia, situada ao norte, e Gondwana, situada mais ao sul. **C, D, E**. A Laurásia dividiu-se posteriormente em dois blocos, que originaram a América do Norte e a Eurásia; a Gondwana dividiu-se em América do Sul, África, Índia, Austrália e Antártida. (Baseado em Harrison, R. E., *Smithsonian Magazine*.)

(E - 9) Figura que salienta o tempo de vida de seres vivos (com três ocorrências), exemplo do Livro 8, p. 204.

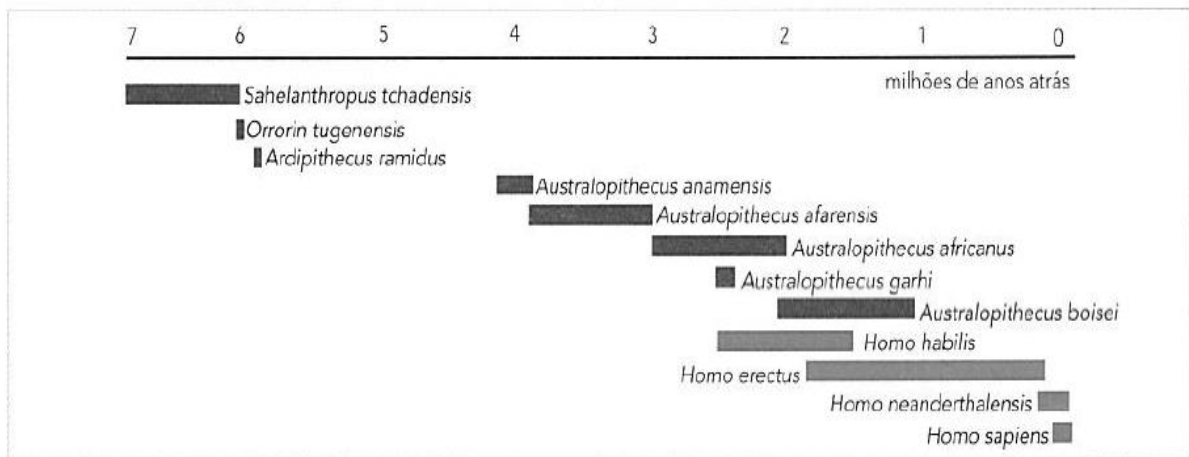
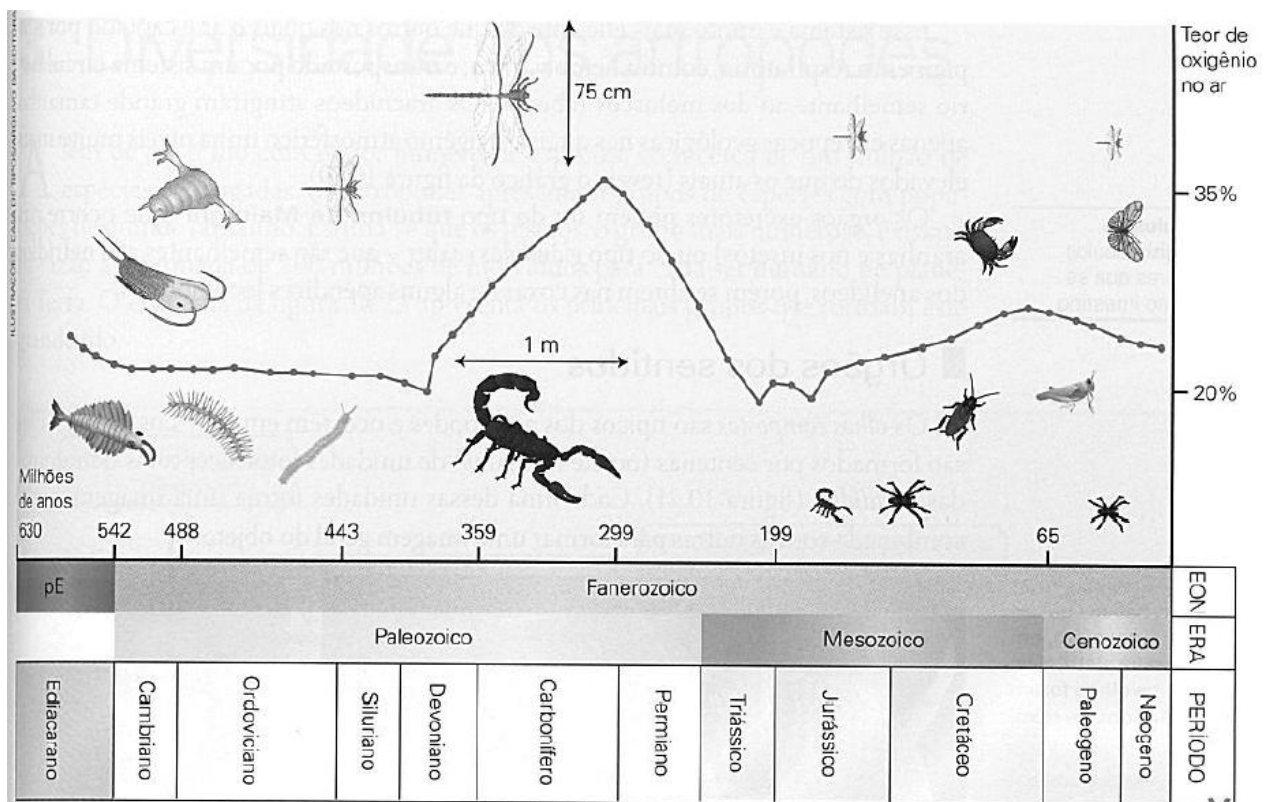



Fig. 13.29 Alguns possíveis ancestrais dos hominídeos. A largura dos retângulos indica o período em que cada espécie viveu na Terra, em milhões de anos. A divergência entre a espécie humana e o chimpanzé deve ter ocorrido entre 7 milhões e 4 milhões de anos atrás. A partir do *Australopithecus anamensis*, todos tinham postura ereta.

(E - 10) Figuras com múltiplas informações reunidas: diversificação e tempo de vida de seres vivos, taxa de oxigênio ao longo do tempo, periodizações etc. (com duas ocorrências), exemplo do Livro 11, pagina 303.




Figura 10.19
 Diversificação dos
 artrópodes.

A **categoria D** - Descrição das periodizações - apresentou um total de 19 ocorrências e foi organizada em duas subcategorias: **(D - 1)** Texto que introduz periodizações em quadros, esquemas etc e **(D - 2)** Texto sobre periodizações. O livro que apresenta o maior número de ocorrências da categoria D é o Livro 1, com 10 ocorrências. E a subcategoria **(D - 2)** foi a mais frequente, com um total de 14 ocorrências.

Quadro 6: Número de ocorrências de textos explicativos sobre as periodizações, distribuídos nas subcategorias **(D - 1)** e **(D - 2)**.

	Texto que introduz periodizações em quadros, esquemas etc (D - 1)	Texto sobre periodizações (D -2)	TOTAL
Livro 1 (v.3)	1	9	10
Livro 2 (v.3)	1	0	1
Livro 3 (v.1)	1	0	1
Livro 4 (v.2)	0	0	0
Livro 5 (v.3)	0	0	0
Livro 6 (v.1)	0	1	1
Livro 7 (v.3)	1	1	2
Livro 8 (v.3)	1	1	2
Livro 9 (v.3)	0	1	1
Livro 10 (v.1)	0	1	1
Livro 11 (v.2)	0	0	0
Livro 12 (v.3)	0	0	0
TOTAL	5	14	19

(D - 1) Texto que introduz periodizações em quadros, esquemas, gráficos etc (total de cinco ocorrências), exemplo do Livro 7, p. 193.

As eras são subdivididas em unidades menores, os **períodos geológicos**. Até 2004, a era Pré-cambriana era a única não subdividida em períodos; em maio daquele ano, porém, a Comissão Internacional de Estratigrafia passou a incorporar um novo período à era Pré-cambriana, denominado período Ediacarano, caracterizado pela diferenciação de animais invertebrados e algas. Na era Cenozoica, os períodos são ainda subdivididos em unidades menores, as **épocas geológicas**. (Tab. 8.1)

(D - 2) Texto sobre periodizações (total de 14 ocorrências), exemplo do Livro 10, p. 31.

Os paleontólogos chamam de Cenozoico a era geológica mais recente, que começou há 65 milhões de anos. Antes dele, o Mesozoico se estende até cerca de 250 milhões de anos. E, antes do Mesozoico, o Paleozoico, que teria começado há cerca de 540 milhões de anos. Antes dessa era os geólogos denominam uma longa era de mais de 4 bilhões de anos de Pré-Cambriano, que seria dividido em Proterozoico e Arqueano.

A **categoria C** - Como é estabelecida a datação de eventos geológicos e biológicos - esteve presente 18 vezes e na forma de duas subcategorias que indicam as maneiras como o tempo geológico é determinado: **(C - 1)** Datação absoluta e **(C - 2)** Datação relativa; como mostram os exemplos a seguir:

(C - 1) Datação absoluta (total de 10 ocorrências), exemplo do Livro 9, p. 141.

Para conhecer a idade de uma rocha ou de um fóssil utiliza-se o conceito de **meia-vida**, que é o tempo necessário (em média) para que metade dos átomos de um elemento radioativo (“elemento pai”) contidos em uma amostra se transforme em outro elemento (“elemento filho”) por decaimento radioativo. Assim, conhecendo a quantidade do “elemento pai” e do “elemento filho” numa amostra, pode-se determinar a idade da rocha.

Urânio-238, potássio-40 e rubídio-87 são elementos que apresentam meia-vida longa e são utilizados para a datação de rochas (veja quadro abaixo). Já o carbono-14 possui meia-vida de apenas 5730 anos e, por isso, é útil para datar amostras de no máximo 50 mil anos. Entretanto, por estar presente nos seres vivos, é muito usado para datar fósseis que conservaram porções de matéria orgânica.

(C - 2) Datação relativa (total de 8 ocorrências), exemplo do Livro 4, p. 434.

Quando um organismo morre, seu corpo fica depositado sobre o solo e sofre decomposição. Ao longo do tempo, pode ser encoberto por camadas de sedimento e sofrer fossilização. Sobre essas novas camadas, outros organismos podem passar pelo mesmo processo.

As camadas de sedimentos depositam-se umas sobre as outras. Com isso, em geral, as camadas mais inferiores são as que se formaram primeiro e são as mais antigas; os fósseis nelas encontrados correspondem a organismos que viveram em tempos mais remotos.

A datação relativa, por referir-se a qualidades observáveis é de mais fácil compreensão do que a datação absoluta, a qual exige conhecimentos químicos abstratos. Estudantes sem clareza a respeito das técnicas utilizadas para determinar idades absolutas, tendem a citar técnicas de datação relativa para explicar como podemos saber a idade da Terra, ao invés de recorrerem às explicações que requerem conhecimentos

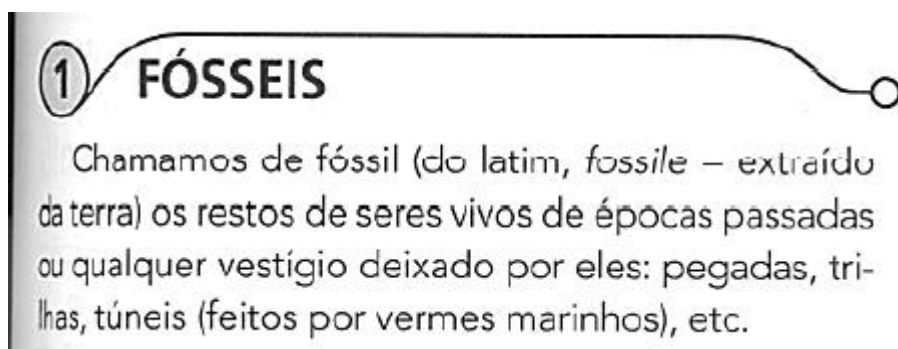
sobre radioatividade, de acordo com Libarkin (2007). Assim, parece-me que esclarecer aos alunos a forma como é determinada a idade das rochas através de duas metodologias de datação é de vital importância, tanto quanto o estudo do tempo geológico, durante o ensino de evolução.

Os livros que mais apresentaram a categoria C foram os de número 3, 5 e 9, cada um com três ocorrências. Já os livros 2, 6, 10 e 11 omitem as formas de datação dos registros fósseis. O livro 1, só apresenta a datação relativa e o livro 12 só apresenta a datação absoluta. Os demais livros apresentam as duas formas de datação de forma equilibrada (Quadro 7).

Quadro 7: Número de ocorrências de datações absoluta (C – 1) e relativa (C – 2).

	Datação absoluta (C – 1)	Datação relativa (C – 2)	TOTAL
Livro 1 (v.3)	0	2	2
Livro 2 (v.3)	0	0	0
Livro 3 (v.1)	2	1	3
Livro 4 (v.2)	1	1	2
Livro 5 (v.3)	1	2	3
Livro 6 (v.1)	0	0	0
Livro 7 (v.3)	1	1	2
Livro 8 (v.3)	1	1	2
Livro 9 (v.3)	1	2	3
Livro 10 (v.1)	0	0	0
Livro 11 (v.2)	0	0	0
Livro 12 (v.3)	1	0	1
TOTAL	8	10	18

A **categoria B** - Conceito de paleontologia e/ou de fóssil - apresentou um total de 11 ocorrências, como pode ser observado no Quadro 1. Esperava-se encontrar pelo menos uma definição de fóssil ou de paleontologia em cada coleção de livros didáticos, portanto, no caso dessa categoria o número maior de ocorrências não é muito importante, por outro lado, a omissão dessas definições sim parece um problema. Das obras examinadas, o Livro de número 2 apresentou a maior frequência dessa categoria com três ocorrências. O livro 3, não apresenta nenhuma definição, mas ele faz parte da coleção que também inclui o livro 4, o qual apresenta uma definição. Já os livros 10, 11 e 12 que não apresentam nenhuma definição de fóssil ou de paleontologia, pertencem a mesma coleção. Abaixo, consta um exemplo de definição extraído do Livro 8, p. 179.



Na definição acima, é mencionado que os fósseis somente são produzidos sob condições específicas, entretanto, não são mencionados exemplos dessas condições.

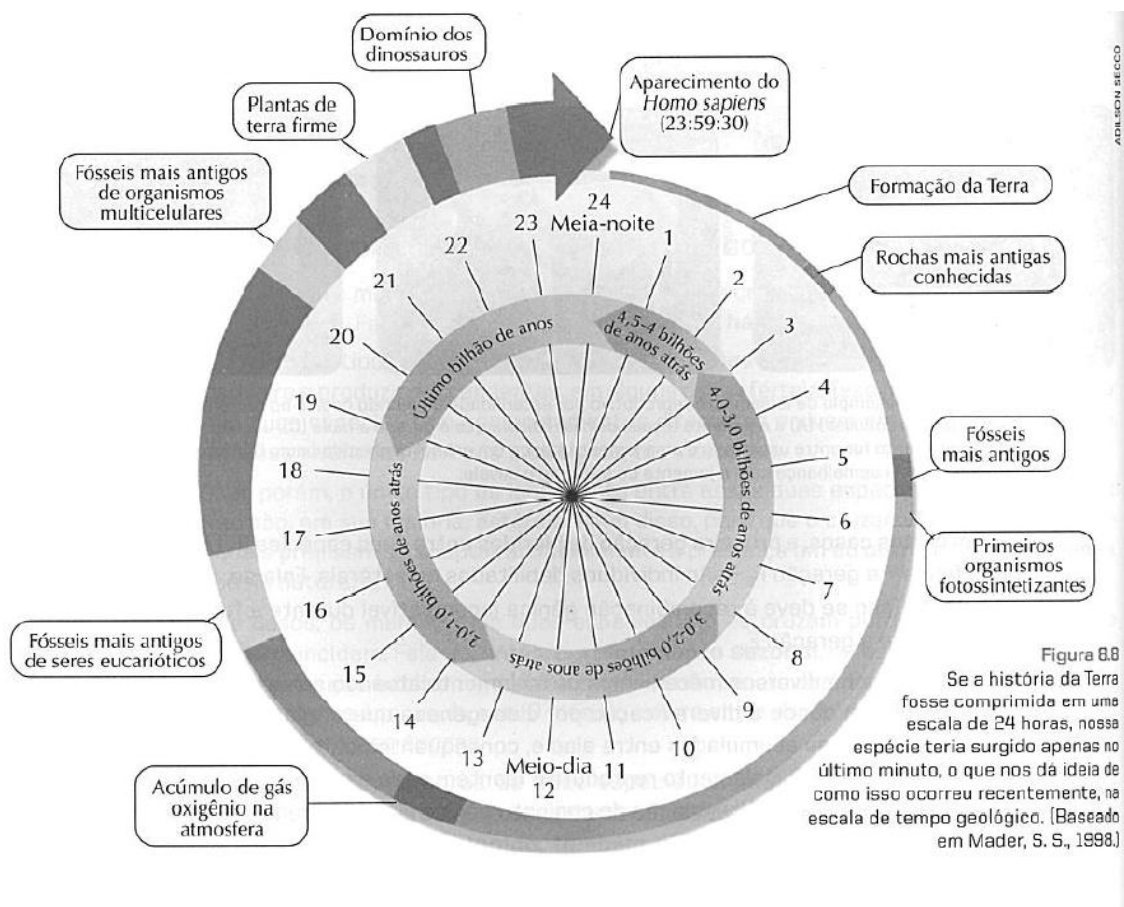
A **categoria F** - Uso de analogias para favorecer o entendimento do tempo geológico (calendário, relógio e livro) - apresentou um total de cinco ocorrências, como pode ser observado nos Quadros 1 e 8. Essa categoria está ausente na maioria dos livros (Livros 1, 2, 5, 6, 10, 11 e 12). Dos livros citados, apenas o Livro 6, faz parte de uma coleção que também inclui o livro 7, no qual essa categoria está presente. As analogias podem auxiliar a compreensão de processos desconhecidos pelos estudantes e que exigem o desenvolvimento do pensamento abstrato, como é o caso do tempo profundo, o qual contrasta com o período ínfimo de uma vida humana. Portanto, para conseguir localizar eventos em uma linha de tempo geológico, faz-se necessário o uso de representações espaciais que permitam a comparação de distâncias correspondentes à duração de episódios da história da vida e do planeta Terra. Nesse sentido, o relógio, o calendário e o livro, possibilitam imaginar, por exemplo, que a maior parte da história do planeta Terra correspondeu ao longo período pré-cambriano.

Quadro 8: Número de ocorrências da **categoria F** - Uso de analogias para favorecer o entendimento do tempo geológico - calendário, relógio e livro, distribuídas em três subcategorias (**F - 1, F - 2 e F - 3**)

	Analogia com relógio (F - 1)	Analogia com calendário (F - 2)	Analogia com livro (F - 3)	TOTAL
Livro 1 (v.3)	0	0	0	0
Livro 2 (v.3)	0	0	0	0
Livro 3 (v.1)	1	0	0	1
Livro 4 (v.2)	0	0	1	1
Livro 5 (v.3)	0	0	0	0
Livro 6 (v.1)	0	0	0	0
Livro 7 (v.3)	1	0	0	1
Livro 8 (v.3)	0	1	0	2
Livro 9 (v.3)	0	1	0	1
Livro 10 (v.1)	0	0	0	0
Livro 11 (v.2)	0	0	0	0
Livro 12 (v.3)	0	0	0	0
TOTAL	2	2	1	5

Abaixo, constam os exemplos de analogias extraídos dos livros didáticos.

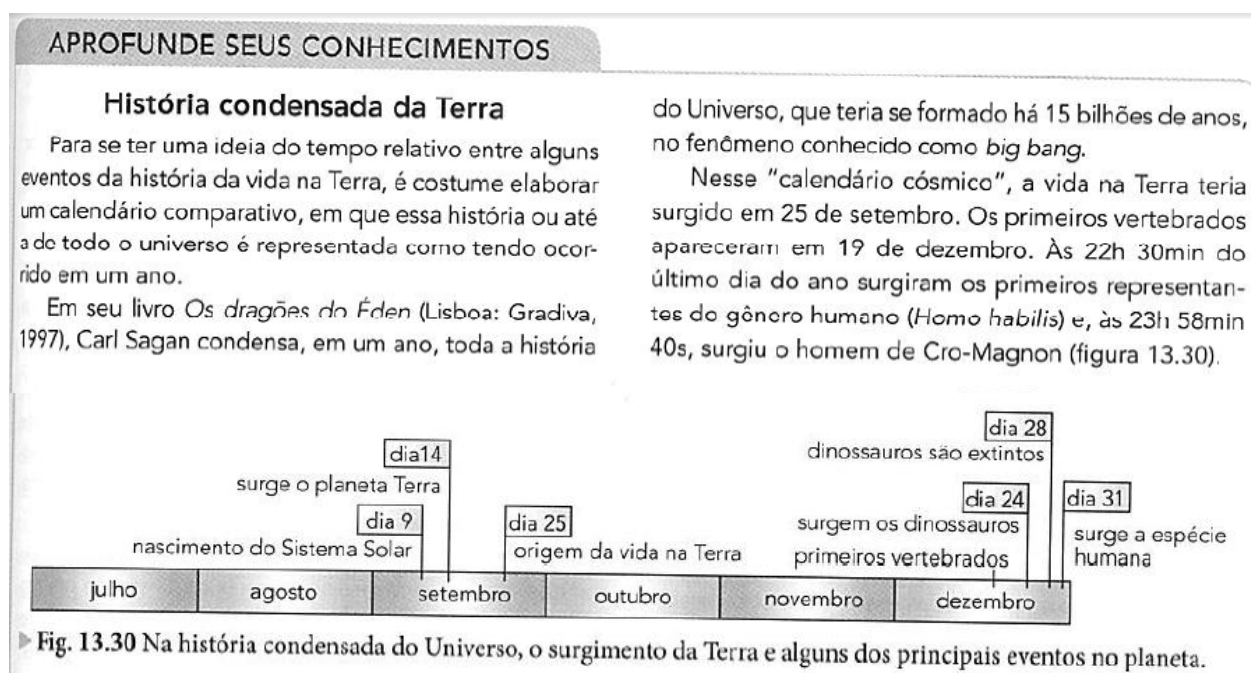
(F -1) Analogia com o relógio, Livro 7, p. 192:



No relógio acima, é possível perceber, entre outros eventos importantes, o quanto a espécie humana surgiu recentemente na longa história de nosso planeta. Essa representação inclui eventos numa escala em que a duração de cada período pode ser examinada pelas distâncias, as quais, ao serem comparadas, sugerem a relatividade do tempo de existência de cada grupo de seres vivos.

No relógio acima, a história da Terra, desde a sua formação, é representada por meio de uma seta externa desenhada no sentido horário, mas também foi incluída uma seta interna, no sentido anti-horário, indicando à volta no tempo. Não é explicitada a razão para a espessura da seta externa ir aumentando conforme o transcorrer do tempo.

(F – 2) Analogia com o calendário, Livro 8, p. 205.



No texto que precede o calendário, os autores citam o “calendário cósmico” proposto por Carl Sagan, o qual condensa em uma escala de um ano, toda a história do universo. No calendário proposto por Sagan, em primeiro de janeiro teria ocorrido o “Big-Bang”. Todavia, no calendário representado esquematicamente no livro 8, os primeiros seis meses do ano são omitidos, enfatizando-se os eventos a partir da formação do Sistema Solar, correspondente à nove de setembro. Nessa representação, o tempo, em bilhões de anos não é indicado.

Ainda no Livro 8, na mesma página, logo depois do calendário anterior, também é apresentada uma tabela com uma proposta de calendário anual em que a Terra teria se formado em janeiro, como pode ser observado abaixo.

Outro tipo de calendário é obtido condensando em um ano o período que começa com a formação da Terra até o período atual, como na tabela abaixo.

Calendário comparativo	Milhões de anos atrás	Eventos
1º de janeiro	4 600	formação da Terra
4 de abril	3 800	procariontes
9 de novembro	650	invertebrados marinhos
20 de novembro	520	vertebrados
29 de novembro	415	peixes
3 de dezembro	360	anfíbios
7 de dezembro	310	répteis
16 de dezembro	190	mamíferos
20 de dezembro	150	aves
26 de dezembro	65	primatas
31 de dezembro às 23h 45min	0,195	fóssil mais antigo de <i>Homo sapiens</i>

Nessa tabela, aparece, na primeira coluna, o tempo representado em uma escala de um ano; na segunda coluna, o tempo em milhões de anos e, na terceira coluna, alguns eventos biológicos, desde a formação da Terra. Nessa tabela, a coluna com o tempo anual, não favorece a visualização do tempo relativo, como a representação de calendário permite. Além disso, a proposta de dois calendários anuais, em que o tempo geológico é representado em diferentes escalas, pode confundir o leitor.

Entre as duas propostas de calendário, existe uma única frase que menciona que o segundo, é um outro tipo de calendário. Não há qualquer referência à mudança de escala de uma representação para a outra. E mais, na primeira representação, os meses de janeiro e abril não aparecem, assim, uma leitura apressada pode levar o aluno a pensar equivocadamente que os eventos dos meses omitidos são os que aparecem na tabela subsequente.

(F - 3) Analogia com livro, exemplo do Livro 4, p. 434

Como você pode notar, todo o processo ocorre em rochas sedimentares, que representam um “livro” que conta a história da vida na Terra. De maneira geral, esse “livro” não é completo e isso ocorre por diversas razões: não são todos os organismos que deixam registros fósseis; esses fósseis não são fáceis de ser encontrados e algumas folhas desse “livro” podem estar mal-preservedas ou faltando.

A analogia entre a história da Terra, registrada em rochas sedimentares e um livro com páginas faltando pode ajudar a imaginar como o trabalho dos evolucionistas exige a reconstrução teórica de processos que não podem ser observados diretamente, por meio de vestígios. Da mesma forma, um livro com páginas faltando, exige que o leitor deduza

o significado das lacunas, por meio de alusões aos trechos ausentes que ele pode encontrar nas páginas existentes.

As analogias são de grande importância na aquisição de ideias científicas (LIBARKIN, 2005). Libarkin (2007) defende que concepções geológicas devem ser consideradas no desenvolvimento de novos currículos e pedagogias. Trend (2009) vai mais além e propõe que para um ensino eficiente da geologia, o ideal seriam aulas com no máximo 4 alunos. Não tenho certeza se as sugestões propostas por Libarkin e Trend seriam implementadas. Diferente de alguns poucos países industrializados que destinam muitos recursos à Educação, as escolas públicas no Brasil apresentam muito mais problemas. Não acredito que em curto prazo as condições da educação brasileira melhorem, tais como conservação das salas de aula, salário dos professores, número de alunos por sala entre outros. No entanto, o professor não pode desanimar e precisa procurar sempre usar da criatividade, ao propor atividades práticas, lúdicas, que façam uso de analogias, a fim de melhorar a aula para os alunos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os livros didáticos de biologia poderiam ter um cunho mais interdisciplinar envolvendo discussões sobre a natureza e a relatividade do tempo, assim como o seu possível início com o Big Bang que teria originado o Universo. Além disso, poderia ser mencionada a existência, ao longo da história humana, de povos que estabeleciam diferentes relações com o tempo, como os Maias e os Astecas, os quais desenvolveram calendários capazes de prever eventos celestes que ocorreriam cerca de vinte mil anos no futuro.

Discussões, correntes na atualidade poderiam ser mais frequentes nos livros, como o grande impacto que as ações humanas vêm causando na extinção de espécies e o quanto isso é recente na história geológica da Terra e biológica dos seres vivos. Os argumentos pseudocientíficos do “Desing Inteligente” poderiam ser tratados no capítulo de evolução a fim de mostrar aos alunos que essa corrente criacionista moderna muitas vezes distorce concepções relativas ao estudo dos fósseis.

Muito ainda precisa ser melhorado nos livros no sentido de tornar mais atraente a temática do tempo geológico. Os autores devem ter o cuidado de aproximar ao máximo

o assunto em questão do cotidiano dos alunos, principalmente recorrendo a analogias que estimulem a visualização espacial do tempo, as quais contribuem para a superação de visões antropocêntricas de mundo.

6. BIBLIOGRAFIA

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

ANDERSON, Steven W.; BOONE, William; BEILFUSS, Meredith; DAHL, Julie; LIBARKIN, Julie C.; Qualitative Analysis of College Students' Ideas about the Earth: Interviews and Open-Ended Questionnaires. **Journal of Geoscience Education**, v. 53, n. 1, p. 17-26, February, 2005.

BELLINI, Luzia Marta. Avaliação do Conceito de Evolução nos Livros Didáticos. **Estudos em Avaliação Educacional**, Maringá, v. 17, n. 33, jan./abr. 2006. Disponível: http://www.fcc.org.br/pesquisa/actions.actionsEdicoes.BuscaUnica.do?codigo=1274&tp_caderno=1

BONITO, Jorge; MARQUES, Luís; MARTINS, Luísa; MEDINA, Jorge; MONTEIRO, Graça; MORGADO, Margarida; REBELO, Dorinda; A complexidade do tempo geológico e a sua aprendizagem com alunos portugueses (12-13 anos). **Terræ Didactica** volume 7: 60-71, 2011.

BONITO, JORGE et al . LA NATURALEZA DEL TIEMPO Y SU COMPLEJIDAD: EL CASO DEL TIEMPO GEOLÓGICO - IMPLICACIONES EDUCATIVAS. **Dyna rev.fac.nac.minas**, Medellín, v. 78, n. 169, Oct. 2011. Available from <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S001273532011000500029&lng=en&nrm=iso>. access on 14 Sept. 2012.

BRZUSZEK, Robert F.; CLARY, Renee M.; WANDERSEE, James H.; Students' Geocognition of Deep Time, Conceptualized in an Informal Educational Setting. **Journal of Geoscience Education**, v. 57, n. 4, p. 275-285, September, 2009.

DODICK, Jeff; Understanding evolutionary change within the framework of geological time. **McGill Journal Of Education**, v. 42, n. 2, spring 2007.

ENGELKE, Douglas. **Análise de livros didáticos de Biologia do Ensino Médio: estaria a teoria da Evolução sendo um fio condutor?** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Curso de Ciências Biológicas: Licenciatura. 2009. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/18929>

FROEHLE, Ann Marie; GREENWALD, Barry; KIERNAN, Julie and MOORE, Randy; How Biology Students in Minnesota View Evolution, the Teaching of Evolution & the Evolution-Creationism Controversy. **The American Biology Teacher**, 68(5):e35-e42. 2006.

KORTZ, Karen M.; MURRAY, Daniel P.; Barriers to College Students Learning How Rocks Form. **Journal of Geoscience Education**, v. 57, n. 4, p. 300-315, September 2009.

MARTINS, André Ferrer P.; PACCA, Jesuina L. de A. O conceito de Tempo entre estudantes de Ensino Fundamental e Médio: uma análise à luz da Epistemologia de Gaston Bachelard. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 299-336, 2005. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID133/v10_n3_a2005.pdf

PEREIRA, Thiago Nilton Alves et al. A Janela da Vida: uma Representação Teatral sobre a Evolução Biológica. **Genética na Escola: Sociedade Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 1, n. 3, p.36-42, 2008. Semestral. Disponível em: <http://www.geneticanaescola.com.br>. Acesso em: 30 ago. 2012.

RICHARDSON, R.M; Geologic time (clothes) line, **Journal of Geoscience Education**, v. 48, p. 584, 2000

TOFFOLI, Daniel. Entendendo a Árvore da Vida: Conexões Evolutivas, Genética na Escola: Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, v. 2, n. 3, p.13-19, 2008. Semestral. Disponível em: <<http://www.geneticaescola.com.br>>. Acesso em: 30 ago. 2012.

TREND, Roger D.; 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. 2, p. 191±221, 2001.

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

TREND, Roger; 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 , 2009.