

A MEDIDA DO TEMPO GEOLÓGICO

Bento Cavadas; Nelson Mestrinho

*Instituto Politécnico de Santarém - Escola Superior de Educação
bento.cavadas@ese.ipsantarem.pt*

Resumo

Neste trabalho apresentamos a sequência didática e os resultados de uma atividade interdisciplinar envolvendo a medida do tempo geológico e realizada nas unidades curriculares de Ciências da Terra e da Vida e de Modelação Matemática do 3.º ano do curso de licenciatura em Educação Básica da Escola Superior de Educação de Santarém. A atividade foi implementada num ambiente educativo inovador, o *CreativeLab_Sci&Math*. Os estudantes, organizados em grupos e em cerca de duas horas, tinham de cumprir as seguintes tarefas: Tarefa I: Calcular a distância correspondente ao momento de ocorrência de cada um de 23 eventos da geohistória, num corredor com 60 m, com explicação do raciocínio usado; Tarefa II: Realizar medições e marcar os eventos da geohistória numa linha com 60 m; Tarefa III: Desloquem-se até ao início da linha (atualidade), observar os eventos e responder à questão: "O que pode concluir acerca da história da Terra e da vida?". As respostas às tarefas foram analisadas quantitativamente e qualitativamente. Os resultados das tarefas I e II mostram que a maioria dos cálculos e marcações estavam corretas, tendo predominado o uso de proporções para a transformação do tempo geológico numa distância. Quanto à tarefa III, as respostas evidenciam que compreenderam que, à medida que o tempo geológico se aproxima da atualidade, o número de eventos da geohistória relevantes aumenta e diminui a sua distância, e que os eventos da história humana representam uma ínfima parte da geohistória. A aplicação de um questionário final sobre os aspetos pedagógicos da atividade, mostra que o caráter prático e interdisciplinar, a observação dos eventos da geohistória numa linha do tempo, a adequação metodológica, centrada na ação do estudante, e o trabalho em grupo, foram aspetos favoráveis. Como aspetos a melhorar, os estudantes salientaram a necessidade de uma maior duração da atividade e de mais oportunidades de discussão.

Palavras-Chave: ciências naturais; inquiry; interdisciplinaridade; matemática; tempo geológico.

Abstract

This work presents the didactic sequence and results of an interdisciplinary activity involving measurement of geological time. It was carried out in curricular units of Earth and Life Sciences and Mathematical Modeling of Basic Education Degree of School of Education of Santarém (3rd year). The activity was implemented in an innovative educational environment, the *CreativeLab_Sci&Math*. Students, organized in groups and in about two hours, had to accomplish the following tasks: Task I: Convert the age at which 23 events of the geohistory occurred in a distance scale, and explain the mathematical reasoning used; Task II: Mark those events in a timeline of 60m; Task III: Move to the beginning of the timeline, observe the events and answer the question: "What can you conclude about the history of earth and life?" The answers to tasks I, II and III were quantitatively and qualitatively analyzed. The results of Tasks I and III show most of the calculations and markings were correct, with use of proportions as a predominating approach to convert geological age into a distance. Concerning task III, answers show the students understood that as geological time approaches actuality, the number of relevant events on earth history and life increases and decreases its distance. They also noticed

the events of human history represent a very small part of geohistory. Afterwards, they evaluated the pedagogy aspects of the activity. Their answers emphasized its practical and interdisciplinary nature, the advantage of geohistory events observation in a timeline, and the improvement of learning due to the methodological appropriateness centered on their action and group work. They stressed the activity should be longer and more opportunities for discussion, as aspects to be improved.

Keywords: natural sciences, inquiry, interdisciplinarity, mathematics, geological time.

Introdução

Este trabalho apresenta a sequência didática e os resultados de uma atividade interdisciplinar designada “A medida do tempo geológico”, realizada nas unidades curriculares de Ciências da Terra e da Vida (CTV) e de Modelação Matemática (MM) da licenciatura em Educação Básica do Instituto Politécnico de Santarém/Escola Superior de Educação (IPS/ESE). Os objetivos principais deste trabalho foram:

- Apresentar a conceção, a implementação e avaliação de uma atividade prática interdisciplinar relacionada com a medição do tempo geológico;
- Avaliar a consecução dos objetivos de aprendizagem, as mais-valias didáticas e os aspetos a melhorar na atividade, através da aplicação de um questionário às estudantes.

A didática do tempo geológico

O tempo geológico é um conceito que assume relevância no ensino e na aprendizagem das ciências (Alegret, Meléndez & Trallero, 2001; Zen, 2001). Contudo, algumas investigações mostram que os estudantes normalmente têm dificuldades na compreensão do conceito de tempo geológico e no seu uso para interpretar acontecimentos e fenómenos geológicos (Dodick & Orion, 2003). Os estudantes consideram que é um conceito complexo, que dificulta a compreensão de fenómenos geológicos e da história da Terra, sendo, por isso, considerado dispensável na aprendizagem da Geologia (Alegret, Meléndez & Trallero, 2001). Outro problema resulta do facto do tempo geológico ser associado a grandes números, cuja escala de grandeza faz com que simplesmente percam o seu significado para os estudantes (Dodick & Orion, 2006).

É importante valorizar o tempo geológico no ensino das ciências para a compreensão da geohistória, pelo que devem ser usadas estratégias que facilitem a compreensão deste conceito pelos estudantes. Cervato e Frodeman (2012) referem que colocar o tempo geológico em contextos históricos pode ser uma forma de diminuir o fosso entre a perceção humana e geológica do tempo. Por seu lado, Morgado et al. (2010) sugerem que se concebam e implementem materiais didáticos que integrem atividades práticas diversificadas (pesquisa, laboratoriais, experimentais, campo, entre outras), que promovam a compreensão da complexidade do conceito de tempo geológico e o integrem na interpretação de fenómenos e acontecimentos geológicos. Um estudo de Dodick & Orion (2003) mostra que o desempenho dos estudantes quanto à compreensão do tempo geológico melhora se realizarem trabalho de campo. Num trabalho posterior, Dodick e Orion (2006) sugerem que o estudo do tempo geológico deve uma abordagem em macroescala, que inclui a análise dos principais eventos da história da Terra, e por uma abordagem em microescala, através do estudo de estratos individuais. Dodick e Orion (2006) reduzem o grau de abstração destas abordagens através da análise de imagens geológicas concretas.

Metodologia

Tendo em conta a sugestão de Morgado et al. (2010), concebeu-se, implementou-se e avaliou-se uma atividade interdisciplinar relacionado com o tempo geológico. Os objetivos gerais de aprendizagem desta atividade designada “A medida do tempo geológico” foram:

- CTV_Identificar as unidades de medida do tempo geológico e as principais etapas da tabela cronostratigráfica;
- CTV_Enunciar os principais acontecimentos da geohistória;
- MM_Identificar variáveis e relações entre variáveis de modo a construir modelos matemáticos;
- MM_Construir e utilizar modelos matemáticos em contextos interdisciplinares e do quotidiano.

A atividade estruturou-se nos seguintes momentos:

1. Conceção da atividade em conformidade com o modelo de ensino 6E (Kähkönen, 2016).
2. Implementação da atividade num ambiente inovador de aprendizagem, o Creative Lab Sci&Math da IPS/ESE. Foi implementada numa turma do 3.º ano do curso de licenciatura em Educação Básica, constituída por 41 estudantes. Ocorreu em dois turnos (Turno A – 18 estudantes; Turno B – 23 estudantes) e teve a duração aproximada de duas horas. Em cada turno, os estudantes organizaram-se em 11 grupos com 3 ou 4 elementos.

Cada grupo teve de completar um conjunto de tarefas, indicadas num guião elaborado pelos docentes e designado “CreativeLab_Sci&Math: A medida do tempo geológico”. As diferentes tarefas organizaram-se em seis momentos de ensino que são descritos na secção respeitantes à apresentação da atividade.

3. De seguida, forma de avaliação do desempenho das estudantes nos momentos de ensino *exchange*, *explore*, *elaborate* e *evaluate* e os instrumentos de recolha de dados utilizados pelos docentes:
 - *Exchange*: Análise qualitativa das estratégias de cálculo usadas pelas estudantes para converter a idade geológica de cada evento numa distância, usando como instrumento de recolha de dados o guião.
 - *Explore*: Análise quantitativa da marcação certa ou errada dos eventos na linha com 60 m. Para tal, como instrumentos de recolha de dados, usaram-se notas de campo realizadas pelos docentes à medida que as estudantes iam registando os eventos na linha cronológica e um registo (certo/errado) da marcação de cada um dos 23 eventos, pelos diferentes grupos, na linha cronológica.
 - *Elaborate*: Avaliação qualitativa das respostas à questão: “O que pode concluir acerca da história da Terra e da vida?”, como instrumento de recolha de dados o guião. As respostas foram organizadas em seis categorias de codificação elaboradas *a posteriori*.
 - *Evaluate*: Quantificação das respostas das estudantes relativamente ao contributo da atividade para a consecução dos objetivos de aprendizagem e análise qualitativa das respostas relativas às mais-valias e aspetos didáticos a melhorar na atividade, enquadrando-as em categorias de codificação elaboradas *a posteriori*. O instrumento de recolha de dados foi o guião.

Ao longo da atividade, os docentes foram apoiando as estudantes na realização das tarefas, questionando-as sobre as opções tomadas e esclarecendo dúvidas pontuais. Por último, seguiu-se a interpretação dos resultados e o estabelecimento de conclusões.

Seqüência didática da atividade “A medição do tempo geológico” de acordo com o modelo de ensino 6E

1. Engage

Objetivo específico: Despertar a curiosidade dos estudantes para o modo como se organiza o tempo geológico.

Atividade: Discussão de um vídeo de apresentação geral do *The Big History Project* (2017).

2. Explain

Objetivo específico: Compreender a organização da tabela cronoestratigráfica internacional.

Atividade: Analisar, em grande grupo, as divisões geocronológicas e cronoestratigráficas da tabela cronoestratigráfica internacional (Cohen, Finney, Gibbard & Fan, 2013; versão em língua portuguesa).

3. Exchange

Objetivo específico: Discussão das estratégias a usar para calcular a distância correspondente ao tempo geológico de 23 eventos e seu registo numa linha de 60 m.

Atividade: Calcular a distância correspondente ao momento de cada um de 23 eventos da geohistória, numa linha 60 m, com explicação do raciocínio usado. Registrar as estratégias de cálculo e os valores obtidos no guião (Quadro 7).

Quadro 7. Eventos da geohistória (Adaptados de Alegret, Meléndez & Trallero, 2001, p. 262).

Eventos	Anos
Formação da Terra	4600 M.a.
Rocha mais antiga datada	3800 M.a.
Bactéria mais antiga conhecida	3500 M.a.
Fósseis identificados mais antigos (algas)	3200 M.a.
Organismos multicelulares	900 M.a.
Primeiros animais conhecidos (semelhantes a medusas)	650 M.a.
Primeiros invertebrados marinhos com concha	580 M.a.
Aparecimento dos peixes primitivos	500 M.a.
Primeiras plantas terrestres	450 M.a.
Primeiros anfíbios	360 M.a.
Primeiros répteis	340 M.a.
A maior extinção conhecida	248 M.a.
Aparecimento dos dinossauros	225 M.a.
Primeiras aves	160 M.a.
Um asteroide cai sobre a Terra provocando extinções (p.e. dinossauros)	66 M.a.
Primeiros primatas	60 M.a.
Primeiros hominídeos	4 M.a.
Início da idade do ferro	1 M.a.
Evolução dos humanos modernos	35.000 anos
Reinam as dinastias egípcias	4.500 AC
Nascimento de Jesus Cristo	0

O ser humano pisa a Lua	1969 DC
Atualidade	2017 DC

4. Explore

Objetivo específico: Modelar unidades de medida do tempo com recurso a unidades de medida de distâncias.

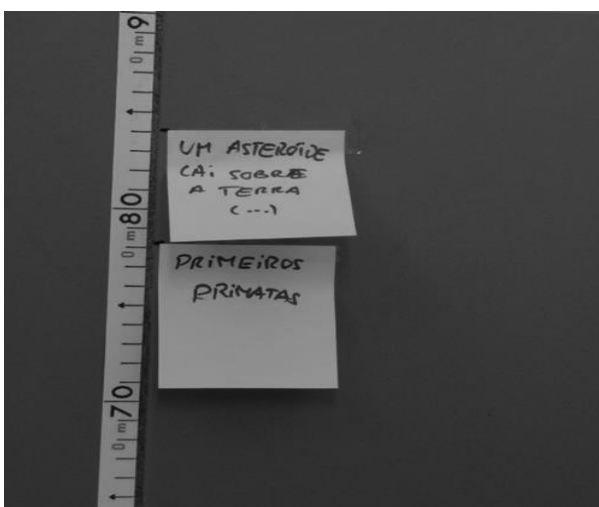
Atividade: Medir e registar, num corredor com 60 m, os eventos da geohistória após cálculo da distância correspondente à idade geológica de cada evento, de modo a construir um modelo (linha cronológica) da história da Terra (Figura 1. Momentos (A, B, C e D) do registo dos eventos da escala geológica num corredor com 60 m.



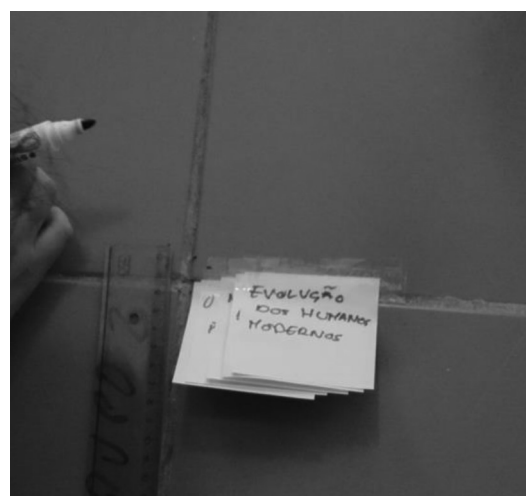
A



B



C



D

Figura 1. Momentos (A, B, C e D) do registo dos eventos da escala geológica num corredor com 60 m.

5. Elaborate

Objetivo específico: Apresentar conclusões sobre a história da Terra e da vida através da análise do registo dos acontecimentos na linha cronológica.

Atividade: Deslocação, de cada grupo, até ao evento da linha cronológica correspondente à atualidade (2017) e observar a linha do tempo. De seguida, responder à pergunta: “O que podem concluir acerca da história da Terra e da vida?”. Registrar a resposta no guião.

6. Evaluate

Preencher no guião um questionário semiaberto para a avaliação da atividade nos seguintes parâmetros:

- Contributo da atividade para a consecução dos objetivos de aprendizagem, numa escala de 1 a 10;
- Mais-valias e aspetos didáticos a melhorar na atividade.

Discussão dos resultados

3. Exchange

As estratégias de cálculo usadas pelas estudantes na conversão das idades dos eventos geológicos em distâncias focaram-se, essencialmente, no cálculo de proporções (regras de 3 simples). Contudo, alguns grupos (4 e 6) abordaram o problema da identificação dos pontos correspondentes aos eventos, através de uma tentativa de graduação da linha de 60 m, tal como numa régua graduada. O grupo 4 referiu no seu relatório esse raciocínio, indicando cálculos para a obtenção da correspondência, em anos, de cada intervalo de 1 cm. O grupo 6 identificou explicitamente cada milhão de anos como correspondendo a um intervalo de cerca de 1,3 cm na linha cronológica. Contudo, ambos os grupos acabaram por resolver a conversão dos eventos geológicos em distâncias recorrendo a “regras de 3 simples”. Apesar de nenhum grupo explicar a razão para o abandono das estratégias anteriores, percebe-se que a implementação dessa graduação levantaria problemas na marcação dos eventos mais recentes, que são muito próximos relativamente à escala geológica.

Do acompanhamento do trabalho desenvolvido pelos grupos na resolução do problema da conversão, salvo erros menores de cálculo, foram identificadas algumas pequenas dificuldades que foram sendo discutidas e ultrapassadas:

- **A conversão de unidades e a interpretação de resultados à luz dessa conversão.** Se os eventos mais antigos estavam separados entre si por períodos na ordem dos milhões de anos, os mais recentes afastavam-se, em alguns casos, apenas dezenas ou centenas de anos. No modelo de reta construído, esses intervalos de tempo correspondiam a frações ínfimas do centímetro. As diferenças de ordem de grandezas eram acentuadas, tanto na medida do tempo como na medida do comprimento, o que levantou dúvidas (em menor ou maior grau) aos vários grupos.
- **O papel do 0 na determinação das idades dos eventos.** O tempo “0” no enunciado do problema correspondia ao nascimento de Jesus Cristo e não ao momento atual (2017). Isso colocou o valor “0” no interior da linha cronológica e não na extremidade. Apesar de o acréscimo de 2017 anos ser desprezável em comparação com os aproximadamente 4600 milhões de anos da idade da Terra, em termos conceptuais, esta questão foi discutida pelas estudantes de modo a estabelecer uma relação entre a construção da linha cronológica e a representação em reta do campo numérico racional.

4. Explore

No que diz respeito à tarefa II, embora a maior parte dos grupos tenha realizado a marcação dos eventos geológicos na linha de 60 m sem dificuldades, constataram-se erros pontuais na medição e marcação de eventos.

As notas de campo mostram que algumas estudantes, habituadas a usar régua graduada em centímetros e milímetros, quando mediram com fitas métricas de 10 m, cujas subdivisões mais pequenas são 1 cm, equivocaram-se, por exemplo, confundindo 2,09 m com 2,90 m. O questionamento aos grupos, pelos professores, acerca do que mediram e como fizeram a leitura da medição constituiu um momento importante de reflexão e de aprofundamento desta competência.

5. Elaborate

As respostas das estudantes à questão “O que podem concluir acerca da história da Terra e da vida?” organizaram-se em torno das seguintes categorias de codificação:

- **Aumento do número de eventos** à medida que o tempo geológico se aproxima da atualidade (Figuras 1C e 1D). Exemplo:

Observamos também que quanto mais nos aproximamos da atualidade, maior é o número de fenómenos que ocorreram. (Grupo 2).
- **Redução do número de eventos** à medida que o tempo geológico se afasta da atualidade (Figura 1B). Exemplo:

(...) no entanto, a partir mais ou menos dos 3000 M.a., existem poucos acontecimentos (Grupo 6).
- **Aumento da distância entre eventos** à medida que o tempo geológico se afasta da atualidade (Figura 1B). Exemplo:

A partir dos 4 M.a., começa-se a verificar uma distância mais significativa entre acontecimentos. Quanto mais nos afastamos temporalmente da atualidade, maior é a distância entre os acontecimentos. (Grupo 1).
- **Redução da distância entre eventos** à medida que o tempo geológico se aproxima da atualidade (Figuras 1C e 1D). Exemplo:

Podemos concluir que intervalos de tempo que nos parecem muito distantes, à escala nem sempre o são, por exemplo, a diferença entre os primeiros homínídeos e a atualidade aparentemente é enorme e não foi assim há tanto tempo quanto nos parece. (Grupo 9)
- **Relações gerais** entre a história da vida na Terra, tempo geológico e distâncias. Exemplos:

Ao realizar esta atividade foi possível contactar e conhecer alguns eventos da história da vida e da Terra, em tempo geológico (...) Construiu-se uma cronologia respeitando uma escala de distâncias de tempo. (Grupo 4)

Ao deslocarmos até ao início da escala, podemos observar que a Terra já existe há tantos anos e, como tal, 1 milhão de anos na escala de tempo corresponde apenas a pouco mais de 1 centímetro (1,3 cm) na fita métrica. (Grupo 6)
- **Relação** entre a existência de **registos** e a datação de eventos.

Pensamos que isso ocorreu [o maior número de eventos perto da atualidade] devido ao facto de nessa altura ainda não existirem meios que facilitassem os registos dos acontecimentos históricos/geológicos. (Grupo 3)

Depois do aparecimento dos “primeiros homínídeos” e da “Evolução dos humanos modernos”, compreende-se que os acontecimentos registados relacionam-se mais com civilizações e sociedades, pois antes eram registados acontecimentos geológicos. (Grupo 2).

(...) tal pode ser explicado por existirem poucos fósseis dessa altura. (Grupo 6.)

6. Evaluate

A análise da percepção das estudantes quanto ao contributo da atividade para a consecução dos objetivos de aprendizagem mostra que não existiram apreciações inferiores a seis, tendo 89% das respostas nível oito ou superior.

No que diz respeito às aprendizagens alcançadas, as estudantes referiram essencialmente:

- Possibilitar a compreensão da estrutura da tabela cronoestratigráfica;
- A identificação e a localização no tempo geológico dos principais acontecimentos da geohistória;
- O desenvolvimento de competências associadas ao raciocínio matemático para localizar os principais acontecimentos da Terra e da vida numa linha cronológica.

Quanto aos aspetos didáticos favoráveis desta atividade, as estudantes destacaram:

- O caráter prático e interdisciplinar;
- A adequação metodológica, centrada na ação do estudante;
- A possibilidade de observação dos eventos da vida na Terra numa linha do tempo;
- A realização do trabalho em grupo.

Acerca dos aspetos didáticos a melhorar, as estudantes indicaram:

- Aumentar o tempo para a realização da atividade;
- Mais oportunidades de discussão.

Conclusões

A atividade interdisciplinar “A medida do tempo geológico”, concebida segundo o modelo de ensino 6E e implementada num ambiente educativo inovador (Creative Lab_Sci&Math), foi avaliada, pelas estudantes, como didaticamente favorável à consecução dos objetivos de aprendizagem propostos, relacionados com o raciocínio matemático e processos de resolução de problemas (Modelação Matemática) e a compreensão da geohistória e da estrutura do tempo geológico (Ciências da Terra e da Vida).

Apesar de ser aparentemente simples medir distâncias curtas em unidades de medida padronizadas, a medição de distâncias maiores pode levantar dúvidas inesperadas. A prática da medição *hands-on*, associada ao processo de modelação do tempo geológico, mostrou ser uma oportunidade de desenvolvimento do raciocínio e da capacidade de resolução de problemas.

Referências bibliográficas

- Alegret, L., Meléndez, A., & Trallero, V. (2001). Didáctica del tiempo en Geología: apuntes en internet. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(3), 261-269.
- Cervato, C., & Frodeman, R. (2012). The significance of geologic time: cultural, educational, and economic frameworks. *Geological Society of America Special Papers*, 486, 19 – 27.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J.-X. (2013; updated). The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204 (Portuguese). Retirado de http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01Portuguese_PT.pdf
- Dodick, J., & Orion, N. (2003). Measuring student understanding of geological time. *Science Education*, 87, 708–31.
- Dodick, J., & Orion, N. (2006). Building an understanding of geological time: A cognitive synthesis of the macro and micro scales of time. In C. A. Manduca & D. W. Mogk (Ed.), *Earth and mind: How geologists think and learn about the Earth* (77-94). Geological Society of America, Vol. 413. Retirado de <https://doi.org/10.1130/SPE413>

- Kähkönen, A-L. (2016). *Models of inquiry and the irresistible 6E model*. Retirado de <http://www.irresistible-project.eu/index.php/pt/blog-pt/168-models-of-inquiry-and-the-irresistible-6e-model>
- Morgado, M., Rebelo, D., Monteiro, G., Bonito, J., Medina, J., Marques, L., & Martins, L. (2010). O tempo geológico e a aprendizagem da geologia: conceções de alunos do 7.º ano do ensino básico (12-13 anos). In L. Alcalá & L. Mampel (Coords.), *XVI Simposio sobre Enseñanza de la Geología Fundamental!* (pp. 197-204). Teruel: Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel – Dinópolis.
- The Big History Project (2017). Retirado de <https://school.bighistoryproject.com/bhplive>
- Zen, E-na (2001). What is deep time and why should anyone care? *Journal of Geoscience Education*, 49(1), 5-9.