

# HISTÓRIA DA GEOLOGIA E NATUREZA DA CIÊNCIA: EXEMPLOS PARA EXPLORAR NAS AULAS DE CIÊNCIAS

## HISTORY OF GEOLOGY AND NATURE OF SCIENCE: GEOLOGICAL RESOURCES TO EXPLORE IN SCIENCE CLASS

Clara Vasconcelos<sup>1</sup>, António Almeida<sup>2</sup> & Raquel Pinto<sup>2,3</sup>

---

### Resumo

Diferentes artigos científicos apresentam várias preocupações relacionadas com equívocos manifestados pelos professores de ciências sobre a natureza da ciência (NC). Embora reconhecendo a relevância do estudo das concepções dos professores relacionadas com a pergunta "o que é ciência?", Hassard & Dias (2009) apresentam outras formas de contemplar esta dimensão da literacia científica nas aulas de ciências. Com este objetivo, os autores exploram as relações entre ciência e coragem, ciência e imaginação e criatividade humana, ciência e democracia (esta última dimensão enfatizando a independência da observação e do pensamento, a originalidade de ideias, a liberdade de pensamento e de divergência). O objetivo deste trabalho foi apresentar alguns casos retirados da história da geologia e que podem ser utilizados como recursos a ser explorados dentro da sala de aula por professores de ciências, de modo a ilustrar as relações acima mencionadas. É nossa pretensão que um ensino baseado na história da ciência promove uma melhor compreensão da natureza da ciência e melhora o desenvolvimento de uma cidadania participativa com responsabilidade social.

Palavras-chave: Geologia na sala de aula; História da Geologia; Natureza da Ciência.

### Abstract

Different scientific articles present several concerns related to science teachers' misconceptions regarding the nature of science (NOS). Although recognizing the relevance of the study of teachers' conceptions related to the question "what is science?", Hassard & Dias (2009) present other alternatives as a venue to teaching NOS in science classes. With this aim in mind, these authors explore relationships between science and courage, science and human imagination and creativity, human values, and democracy (the latter dimension stressing the independence of observation and thought, originality of ideas, freedom of thought and dissent). The purpose of this work was to present some cases, withdrawn from the history of geology that can be used as resources to be explored within the classroom by science teachers, so as to illustrate the above mentioned relationships. It is our claim that a science history-based teaching promotes a better understanding of NOS and enhances the development of a participatory citizenship with social responsibility.

Keywords: Geology in classroom; History of Geology; Nature of Science.

---

## 1. Introdução

Os resultados de vários estudos científicos são concordantes em evidenciar que os professores possuem concepções inadequadas acerca da natureza da ciência) que se refletem nas suas práticas de ensino. No entanto, não é possível encontrar uma única resposta para a pergunta "O que é ciência?", uma vez que tal definição se altera à medida que a ciência progride. Apesar das muitas respostas aceitáveis possíveis para a pergunta apresentada, Leaderman, um dos principais pesquisadores que se tem dedicado ao estudo

---

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências /Centro de Geologia/ Dep. de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território/Unidade de Ensino das Ciências da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

<sup>2</sup> Escola Superior de Educação /Centro de Geologia da Universidade do Porto

<sup>3</sup> Faculdade de Ciências /Centro de Geologia/ Universidade do Porto.

da natureza da ciência, e outros pesquisadores (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Holbrook & Rannikmae, 2007) propuseram sete princípios que nos conduzem a uma melhor percepção do que é a ciência. Assim, esta constitui um esforço humano, experimental, empírico, que inclui inferências humanas, imaginação, criatividade e se encontra fortemente influenciada por aspetos sociais e culturais.

Em geral, a pesquisa sobre concepções dos professores acerca da natureza da ciência e do modo em que estas se refletem na sua prática pedagógica revelou-se algo mais complexo do que inicialmente seria de esperar. Por exemplo, Gess-Newsome e Lederman (1995) identificaram seis variáveis que pareceram mediar essa relação e que incluem as intenções dos professores, o conhecimento dos conteúdos, o conhecimento pedagógico, o conhecimento das necessidades dos alunos, a autonomia do professor e o tempo. Outros fatores que limitam uma abordagem correta da natureza da ciência têm igualmente sido mencionados por outros autores, e entre eles destacam-se a pressão para abordar o programa, a gestão de sala de aula e os princípios organizacionais, as preocupações com as capacidades e motivação dos alunos, as limitações institucionais e a experiência docente (Abd-El-Khalick, *et al.*, 1998; Abd-El-Khalik & Lederman, 2000).

A falta de recursos (exemplos) é outra das razões para a omissão da exploração da natureza da ciência. Todavia, vários caminhos se podem colocar para promover a referida abordagem (Vasconcelos, 2011). De entre eles, o proposto por Hassard & Dias (2009) afigura-se particularmente original por propor articulações pouco usuais mas que sem qualquer dúvida ajudam na compreensão das características desse empreendimento humano que é a Ciência. Assim, estes autores exploram as relações entre ciência e coragem, ciência e imaginação e criatividade humana, ciência e democracia (esta última dimensão enfatizando a independência da observação e do pensamento, a originalidade de ideias, a liberdade de pensamento e de divergência). Partindo destas relações, vão ser mencionados exemplos da História da Ciência que os ilustram e que se pensa poderão ajudar os professores a incluir a dimensão da literacia científica em discussão nas suas aulas.

## **2. Método**

A presente investigação baseou-se na análise documental de várias referências bibliográficas que permitiram consubstanciar com exemplos reconhecidos algumas das características da natureza da ciência referidos na secção anterior.

## **3. Recursos para explorar na sala de aula**

A relação entre ciência e coragem surge claramente associada à gênese e idade da Terra. O comportamento dos cientistas resulta certamente do contexto social, económico, cultural, político e religioso de cada época histórica. Todavia, aspetos diretamente relacionados com a personalidade de cada um devem igualmente ser tidos em conta.

As observações de Copérnico (1473-1543), Brahe (1546-1601), Kepler (1571-1630) e Galileu (1564-1642), e ainda posteriores estudos de Newton, conduziram ao abandono da concepção ptolemaica de que a Terra se encontrava no centro do Universo (figura 1), indo aliás ao encontro da proposta de Aristarco de Samos (310 a.C. - 230 a.C.) avançada muitos séculos antes. Todavia, recorda-se que Galileu, por ter usado defender o abandono de tal concepção, foi acusado de heresia em 1633. A sua vida é um exemplo de coragem na defesa das suas ideias face ao poder da Igreja Católica, apesar de ter acabado por acatar a recomendação de que ensinasse a teoria heliocêntrica não como uma teoria verdadeira mas meramente como uma hipótese. Importa talvez lembrar que pior sorte teve Giordano

Bruno (1548-1600), condenado à morte por heresia pela Inquisição ao defender ideias semelhantes às de Galileu.

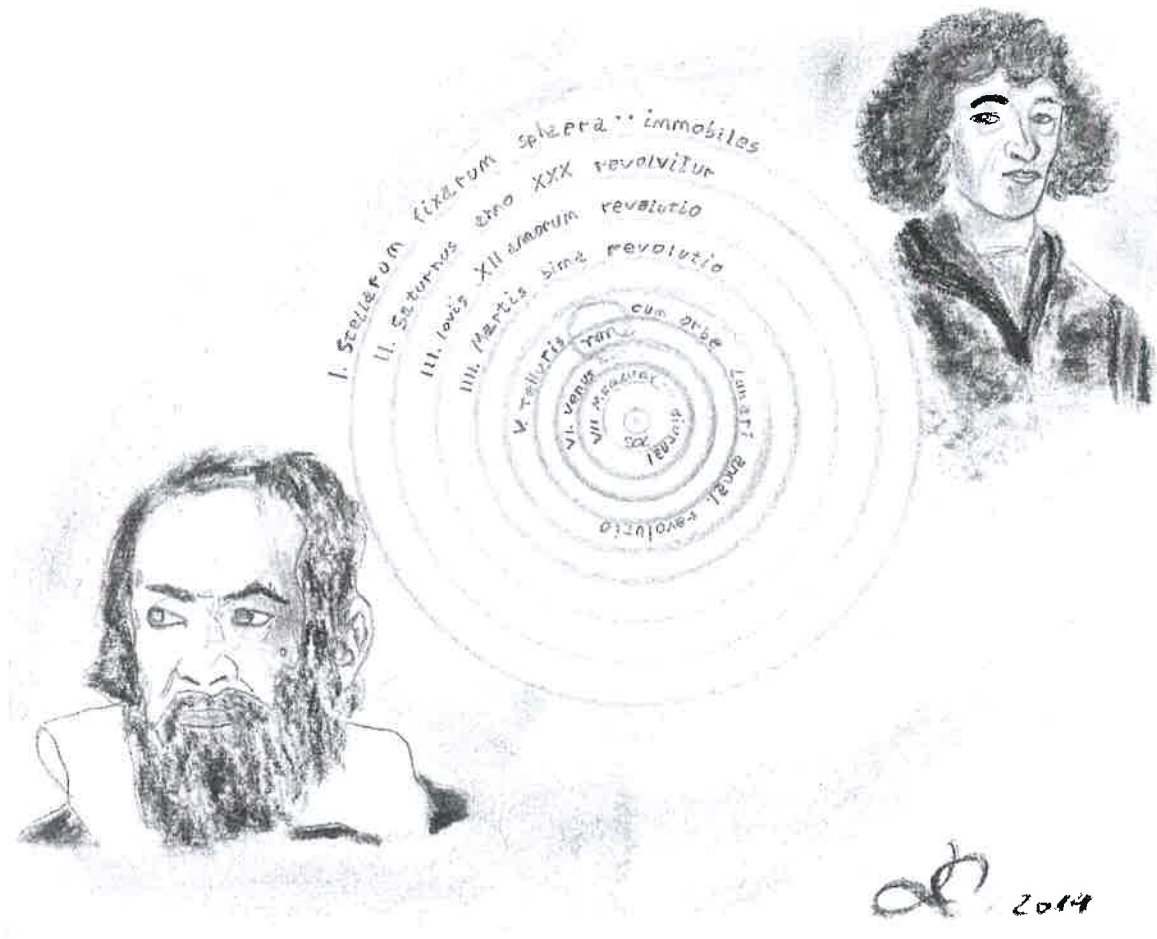


Figura 1 – Modelo heliocêntrico apoiado por Galileu (em baixo, à esquerda), que reafirma a teoria heliocêntrica de Nicolau Copérnico (em cima, à direita) contra as ideias defendidas pela Igreja Católica.

Já no que se refere à idade da Terra, alguns cientistas ousaram propor ideias radicalmente diferentes das aceites na sua época, o que, por si só, é uma prova de coragem. Um destes cientistas foi Buffon (1707-1788) ao afirmar a antiguidade do planeta, e que o mesmo foi objeto, ao longo da sua longa história, de mudanças graduais e bruscas. A idade por ele proposta para a Terra foi de entre 75000-170,000 anos, embora nos seus escritos tenha mesmo sido avançada a idade de 3 milhões de anos (Ma). Sabe-se que a antiguidade avançada por Buffon está longe dos 4600 Ma atualmente aceite. Mas as suas estimativas entraram em colisão com os 6-8000 anos inferidos a partir dos acontecimentos relatados na Bíblia. Todavia, evitou avançar publicamente com a sua segunda estimativa para a idade da Terra. Será que tal facto denota falta de coragem? Na verdade, várias das suas ideias foram censuradas pela Faculdade Teológica de Paris, uma vez que se opunham às crenças da igreja. No entanto, 30 anos mais tarde, ele iria recuperar e ampliar várias dessas mesmas ideias (Gohau, 1990; Bryson, 2003), provando

não ter abdicado totalmente delas e conseguindo influenciar outros cientistas alguns anos mais tarde.

James Hutton (1726-1797), considerado o fundador da geologia moderna, também pode ser usado como exemplo para ilustrar a relação entre ciência e coragem. Desde logo, porque rompe com o neptunismo e propõe o plutonismo como uma alternativa. Depois, porque alegou que as transformações da Terra só podem ser explicadas dentro de um planeta necessariamente mais velho do que a idade que era inferida a partir da Bíblia (figura 2).

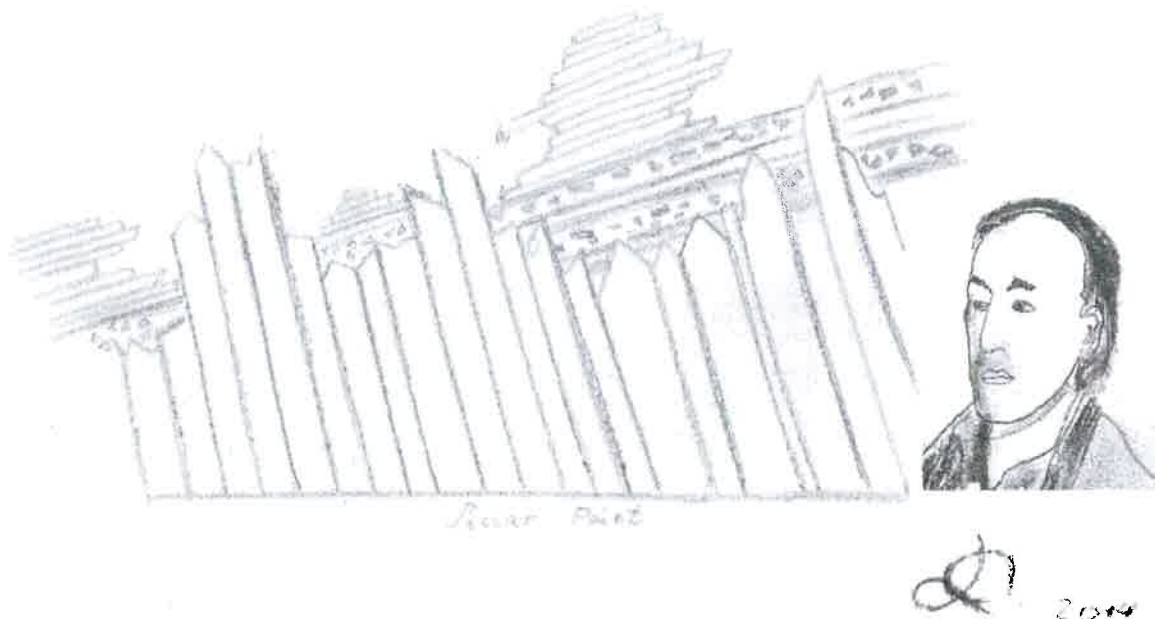


Figura 2 – Registos de Siccar Point (Escócia), a célebre discordância angular descoberta por Hutton (em baixo, à direita), Playfair e Hall, em 1788, que desafiou uma das maiores controvérsias científicas do século XVIII: a dimensão do tempo geológico.

Este aspeto é ainda mais relevante do que a rutura com o neptunismo, pois, como Bowler (1992) refere, é errado pensar que os cientistas apoiantes desta ideia para a formação das rochas o eram devido a uma mera associação aos acontecimentos associados a Noé presentes na Bíblia. Todavia, as ideias de Hutton não tiveram grande impacto na época, fruto da sua incapacidade enquanto escritor e comunicador, e muito menos devido a uma qualquer resistência conservadora às suas ideias provenientes da época. Recorde-se que Hutton foi um dos produtos do denominado iluminismo escocês, que inclui um brilhante ciclo de intelectuais que floresceram em Edimburgo, no final do século XVIII (Bower, 1992). Assim, ao se associar Hutton à relação entre ciência e coragem, pensa-se sobretudo na sua ousadia ao propor ideias totalmente novas e menos no impacto que as mesmas provocaram a este cientista em termos da sua integridade física e psicológica.

Também a teoria de deriva continental, proposta por Alfred Wegener (1880-1930), e apresentada em 1919, é outro exemplo de coragem. Wegener propõe que no passado, há cerca de 250 Ma, todos os continentes se encontravam unidos num supercontinente, a Pangea, cuja fragmentação conduziu à formação de diferentes blocos continentais, que andaram à deriva ao longo da história da Terra (figura 3).

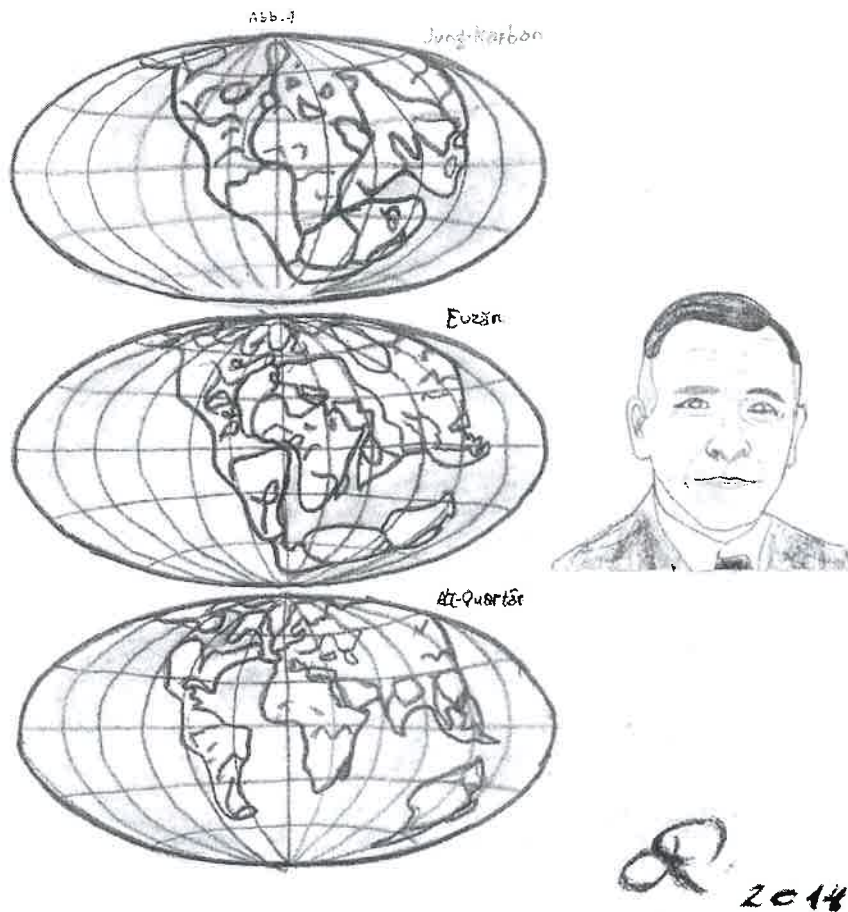


Figura 3 – A concepção de deriva continental defendida por Alfred Wegener (no centro, à direita), demonstrada pela ilustração da fragmentação do supercontinente Pangeia.

Esta proposta encontrou forte oposição por parte da comunidade científica da época, embora o seu autor tenha apresentado diversos argumentos para a apoiar. Todavia, nunca renegou as suas ideias, e as sucessivas edições do seu livro *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (Dos Continentes e dos Oceanos) com novas evidências são a prova disso mesmo. Foi só com a teoria da tectônica de placas, em 1965, que a ideia de mobilidade horizontal dos continentes ganhou impacto. A teoria da tectônica de placas forneceu um modelo explicativo para a mobilidade global das placas e teve a aceitação da comunidade científica.

Importa ainda referir que muitas ideias surgem e/ou persistem sem uma aceitação por parte da comunidade científica. E que vários cientistas acabam por revelar a coragem associada ao seu isolamento. Thomas Gold (1920-2004), um astrofísico de renome, é um bom exemplo disso mesmo. Ele afirmou veementemente que os hidrocarbonetos não são combustíveis fósseis como comumente se acredita, mas fazem sim parte da composição original do planeta. Esta tese implicaria que a maior parte destes recursos poderiam ser encontrada a profundidades maiores do que aquelas a que atualmente os exploramos. Se esta ideia vier a ser provada, tal significará a existência de recursos de hidrocarbonetos muito superiores aos que atualmente se pensa encontrarem-se disponíveis. Aparentemente poderá vir a ser uma boa notícia para as nossas economias ainda muito

dependentes dos combustíveis fósseis, mas também pode fazer perigar o crescente investimento em energias renováveis, com a continuação de impactos muito negativos sobre o aquecimento global do planeta (Ehrlich, 2002).

A relação entre ciência, imaginação e criatividade dentro da Geologia está presente de forma clara nos escritos de Júlio Verne (1828-1905). Este autor francês é um exemplo bem representativo dos escritores que com o intuito de contribuir para a formação científica dos jovens, o fazem através da literatura. Todavia, este autor apresenta ideias e factos científicos aceites na época como verídicos juntamente com outras ideias totalmente fantasiosas. Um bom exemplo desta mistura ocorre no seu livro *Viagem ao Centro da Terra* (figura 4), claramente inspirado pelo livro de teor científico de Charles Lyell.



Figura 4 – Imagem alusiva ao livro " Viagem ao Centro da Terra", de Júlio Verne (à esquerda); livro de referência na categoria literária de ficção científica, no qual estão patentes factos científicos defendidos no século XIX.

A Evidência Geológica da Antiguidade do Homem, publicado em 1863 por Lyell é a fonte científica inspiradora mas Verne adiciona elementos fantasiosos espetaculares que passam, por exemplo, pelas formas de Vida encontradas no interior da Terra e pelo modo como as personagens principais do livro abandonam este mesmo interior.

É importante ressaltar que a imaginação e a criatividade dos cientistas raramente adquire este grau de fantasia. Frequentemente, é uma antecipação não provada para algo que mais tarde acaba por ter confirmação, fruto não raras vezes das possibilidades oferecidas pelo desenvolvimento tecnológico. Quando a topografia do Oceano Atlântico começou a ser conhecida a partir da década de 40 do século XX, foi possível constatar a presença da imensa dorsal mediana que se prolonga por todo o oceano. Posteriormente, verificou-se que a mesma era fraturada e que intensa atividade vulcânica do tipo fissural se verificava (rifte). Todavia, antes desta constatação, já Harry Hess (1906-1969) tinha

imaginado o fundo do oceano como uma espécie de tapete, com origem na dorsal e movendo-se lateralmente a partir dela, para ambos os lados. Como consequência, os continentes tinham igualmente de se movimentar. No entanto, consciente de que se tratava meramente de uma hipótese, fruto do seu pensamento especulativo, Hess apelidou-a de "geopoesia", um ato criativo que só se tornaria uma realidade nos anos sessenta, quando o estudo do paleomagnetismo confirmou a expansão dos fundos oceânicos.

Outro exemplo da relação em discussão pode ser encontrado nas múltiplas explicações associadas à extinção catastrófica dos dinossauros, até à afirmação da hipótese de Alvarez que gerou muitos adeptos na comunidade científica. A teoria do impacto de um meteorito como causa da extinção dos dinossauros foi proposta apenas no final dos anos setenta, quando Luis Alvarez e o seu filho Walter Alvarez encontraram em camadas argilosas de um afloramento em Itália uma concentração invulgar de irídio. Uma vez que este metal é relativamente raro na Terra, mas comum em meteoritos, Alvarez concluiu que os sedimentos examinados poderiam ter tido origem num asteroide (figura 5). A sua colisão com a Terra teria levantado uma enorme nuvem de poeira que se teria dispersado pela atmosfera e afetado negativamente o desenvolvimento das plantas. No entanto, antes desta explicação, e desde o início do século XIX, várias tentativas criativas para explicar a extinção dos dinossauros na transição do Cretácico para o Terciário foram apresentadas. Muitas causas possíveis foram avançadas, como por exemplo: (i) a contração de doenças semelhantes às dos seres humanos; (ii) a manifestação de problemas de reumatismo causados pelo seu enorme tamanho; (iii) a manifestação de problemas cardíacos como enfartes do miocárdio decorrentes da sua obesidade; (iv) o atingimento do grau máximo de evolução; (v) a incapacidade de evolução devido a insanidade mental. Muitas outras explicações surgiram ainda exteriores à ciência, como a possibilidade de terem sofrido um ataque por seres extraterrestres, um castigo divino devido à sua monstruosidade, ou mesmo porque não couberam na Arca de Noé.

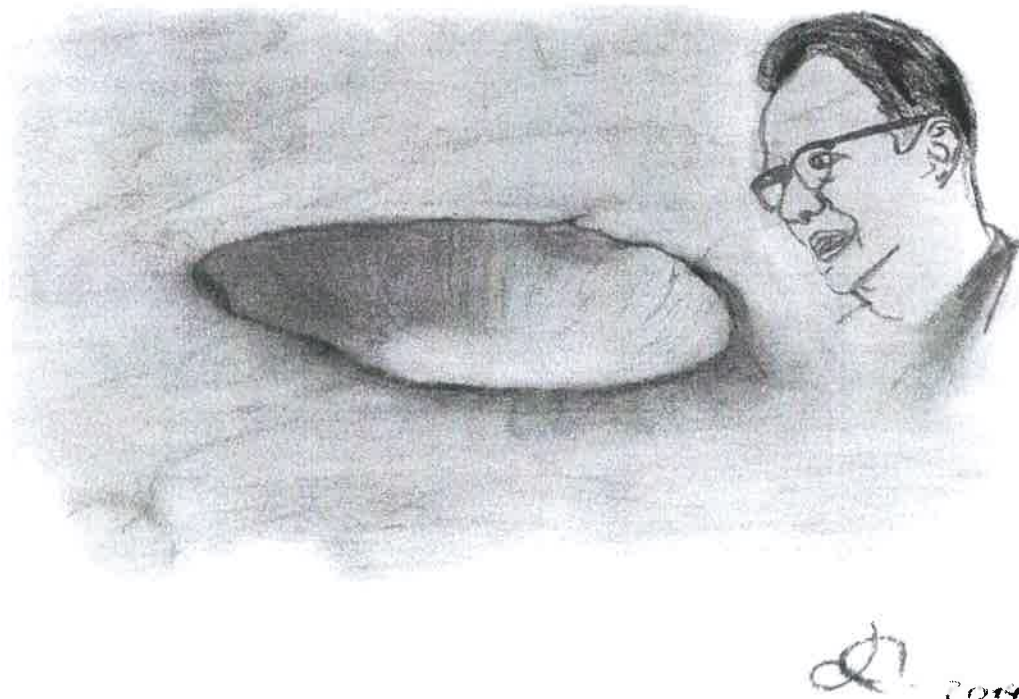


Figura 5 – Crateras como a Cratera de Barringer (Arizona), conhecida pela sua dimensão assinalada com 1,2 km de diâmetro e pelo seu elevado estado de conservação, assim como outras crateras, têm sido estudadas de modo a testar a hipótese proposta por Alvarez (em cima, à direita).

Por fim, Hassard & Dias (2009) estabelecem ligações entre ciência e democracia. Nesta relação, os autores enfatizam a independência da observação e do pensamento, a originalidade de ideias, a liberdade de pensamento e de dissidência. A independência na observação, ou até mesmo a liberdade de pensamento e de dissidência, torna-se evidente nas observações que se originaram e que deram origem à enunciação do Uniformitarismo, um dos princípios metodológicos fundamentais da Geologia. A busca de evidências para suas ideias levaram Charles Lyell a aventurar-se por todo o continente europeu, e o Uniformitarismo surge no seu livro *Princípios de Geologia*, publicado em três volumes entre 1830 e 1833.

A visita ao Templo de Serápis (Puzzuoli-Itália) levou Lyell a observar o que ele chamou de uma evidência inequívoca da ocorrência de mudanças geológicas graduais (figura 6). As colunas destas ruínas mostravam marcas de conchas, o que indicava que as colunas tinham estado parcialmente submersas em algum período no tempo.

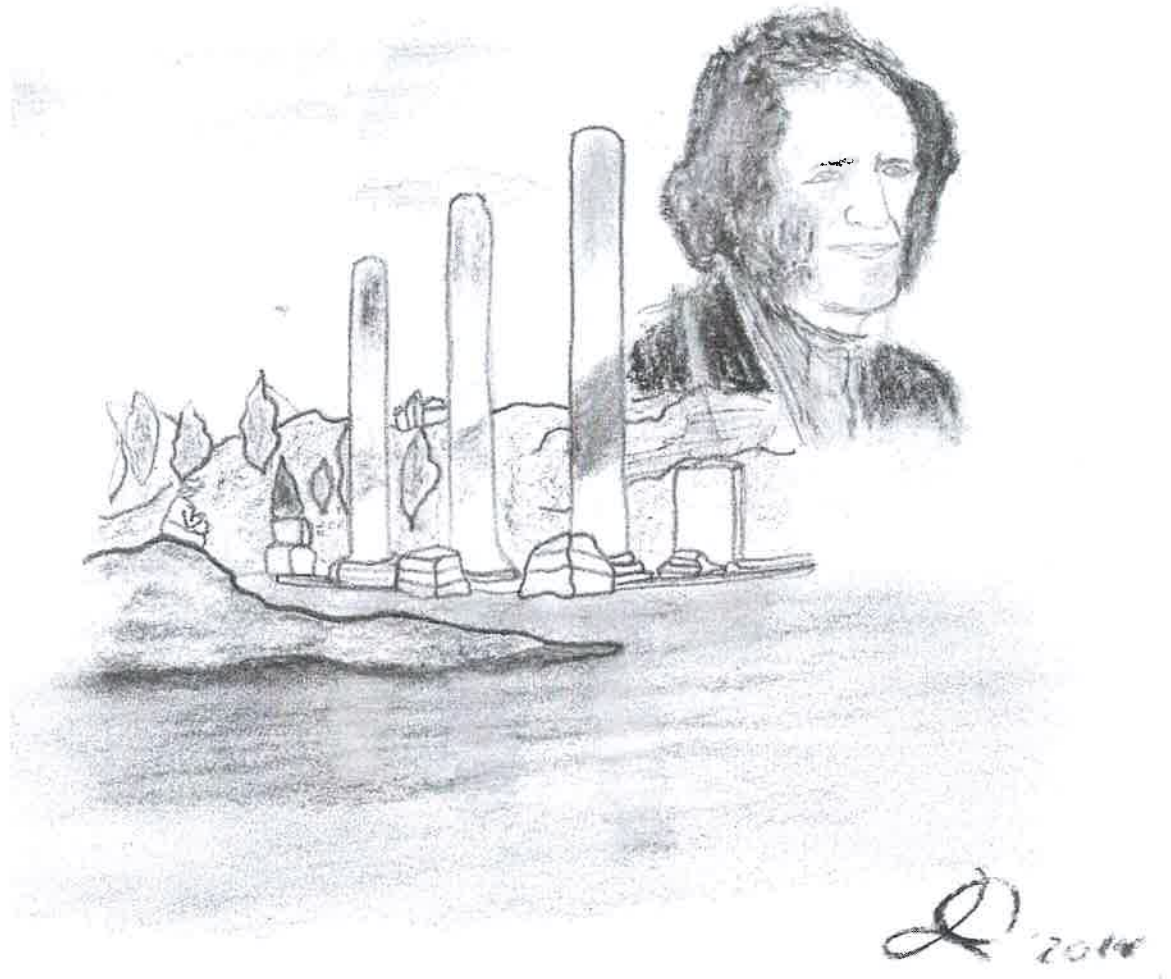


Figura 6 – Templo de Serápis (Itália), símbolo do gradualismo, defendido por Charles Lyell (em cima, à direita), e, simultaneamente, do neocatastrofismo, defendido por Derek Ager.

Esta observação levou-o a considerar que o nível do mar tinha mudado duas vezes na região durante a era cristã, facto esse que o levou a concluir que as mudanças geológicas poderiam ocorrer como um processo gradual. No entanto, nem todos os

paleontólogos concordaram com algumas das conclusões de Lyell. Por exemplo, Ager (1995) elegeu a imagem dos pilares do Templo de Serápis como símbolo das mudanças catastróficas em geologia. Para este paleontólogo, as observações referidas não indicaram mudanças graduais no nível do mar ao longo do tempo, mas estavam sim relacionadas com episódios vulcânicos, geradores de mudanças rápidas e catastróficas (Ager, 1995).

Um exemplo atual desta última ligação é a afirmação de Ribeiro (2002) de que um processo de subducção incipiente da litosfera atlântica sob a litosfera continental se está iniciando na costa ocidental ibérica e no noroeste de Marrocos. Esta ideia opõe-se à visão aceite pela comunidade geológica de que tal zona corresponde a um bordo passivo da litosfera. Mas Ribeiro defende que a existência desta subducção justifica magnitude elevada do terramoto e tsunami que destruiu Lisboa em 1755, e que é pouco compreensível como ocorrência numa margem passiva. Também o padrão da atividade sísmica na costa da Península Ibérica no decurso do século XIX ajuda a apoiar esta ideia. Se se trata ou não de uma interpretação abusiva dos dados existentes para justificar a imaginação do autor, é uma questão que se pode colocar. Mas, inegavelmente, trata-se de uma manifestação de coragem na dissidência, que tem gerado controvérsia no âmbito da tectónica de placas.

#### 4. Conclusão

Como conclusão principal importa assinalar que a natureza da ciência pode, sem qualquer dúvida, ser inserida no contexto do ensino das ciências, recorrendo a uma multiplicidade de exemplos da história da ciência. No presente caso, foram privilegiados os exemplos ao nível da história da Geologia, com a valorização das relações entre ciência e coragem, ciência imaginação e criatividade, e ciência e democracia. Os exemplos apresentados possuem um inegável potencial pedagógico e reforçam a ideia da Geologia como uma ciência histórica. Podem ser usados como forma de ajudar os alunos a interiorizarem como a ciência se articula com a sociedade e como se constrói apoiada na divergência de ideias e na coragem de alguns que ousaram manifestar opiniões totalmente minoritárias na época em que foram propostas. Tal facto, continua nos dias de hoje e importa que os alunos percebam que as antigas fogueiras, usadas para queimar o corpo e alma de dissidentes, não deixaram de existir, só que adquiriram novas formas: exclusão, rejeição de trabalhos relevantes em revistas conceituadas em que a revisão por pares muitas vezes silencia a divergência, recusa de financiamento... Um desafio sem dúvida para as nossas democracias imperfeitas.

#### 5. Referências

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 7, 665-701.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Lederman, N.G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Ager, D. (1995). *The New Catastrophism: The importance of the rare event in geological history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bowler, P.J. (1992). *The Environmental Sciences*. Londres: Fontana Press.
- Bybee, R.W., Powell, J.C., & Trowbridge, L.W. (2008). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*. New Jersey: Pearson.
- Bryson, B. (2003). *A Short History of Nearly Everything*. New York: Broadway Books.
- Ehrlich, R. (2002). *Nine crazy ideas in Science: A few might even be true*. Princeton:

Princeton University Press.

Gess-Newsome, J., & Lederman, N.G. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 301–325.

Gohau, G. (1990). *A History of Geology*. New Brunswick: Rutgers University Press.

Hassard, J., & Dias, M. (2009). *The Art of Teaching Science: Inquiry and innovation in middle school and high school*. New York: Routledge.

Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11), 1347-1362.

Ribeiro, A. (2002). *Soft Plate and Impact Tectonics*. New York: Springer.

Vasconcelos, C. (2011). *Relatório de Agregação e Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho.