

Caracterização de Modelos sobre Tectónica de Placas em Manuais Escolares no Ensino Da Geologia

Paula Faustino
Pedro Callapez
Ana Rola
Elsa Gomes

Resumo

Neste estudo foi feita uma caracterização de modelos sobre a Tectónica de Placas, de acordo com a sua tipologia e função, presentes em manuais de Geologia, do ensino secundário e do 1.º ciclo do ensino superior, utilizados em Portugal. Os resultados indicam que, quanto à tipologia, os manuais apresentam poucos elementos sobre História da Ciência. No entanto, a diversidade de modelos presente nos manuais, relativamente à sua função, deve facilitar o ensino e aprendizagem da Tectónica de Placas, numa perspetiva holística e construtivista, contribuindo significativamente para a melhoria do nível de literacia científica do aluno.

Palavras-chave: Modelos de ensino; Tipologia e função; Ensino secundário e superior.

Abstract

This study deals with the characterization of Plate Tectonics models according to their typology and function, from school textbooks of Geology used in secondary and higher education in Portugal. The results of a typological analysis suggest that all these textbooks contain few elements about History of Science. However, when their function is concerned, the diversity of models should facilitate the teaching and learning of Plate Tectonics in a holistic and constructivist perspective, being a significant contribute to improve the scientific literacy of the student.

Keywords: Teaching models; Typology and function; Secondary and higher education.

INTRODUÇÃO

Os modelos utilizados no ensino das ciências são representações simplificadas que estabelecem a transição entre modelos científicos e os modelos mentais dos alunos, facilitando o ensino e compreensão de conceitos científicos.¹ Como tal, a sua utilização em manuais escolares é recorrente e compreende modelos didáticos de diversos tipos e funções, constituindo importantes estratégias de aprendizagem com vasta aplicação em todas as áreas científicas consignadas nos currículos escolares. A Geologia não foge a essa regra, prestando-se à exploração de modelos de ensino, em parte por causa da sua envolvência histórica e rede concetual plena de abstrações temporais e espaciais.

Neste sentido, os modelos de ensino e sua aplicação à Geologia permitem: (1) a visualização ou representação visual de processos físicos, químicos ou temporais não acessíveis à escala humana,

¹ Coll, K., France, B., & Taylor, I. «The role of models/analogies in science education: implications from research.» *International Journal of Science Education* 27, 2 (2005): 183-198.

como, por exemplo, o Sistema Solar, o interior da Terra, uma rede cristalina de um mineral, ou a evolução paleogeográfica de uma dada região; (2) a explicitação de um processo ou fenômeno; (3) a representação de dados ou resultados de uma investigação; (4) a utilização como instrumentos ou de modelagem no ensino; (5) a utilização como instrumentos para testar e prever, dado que os modelos transformam ideias abstratas em concretas; (6) a realização de procedimentos experimentais ou de atividades práticas desenvolvidas numa investigação e (7) a utilização de representações mistas.²

A utilização de modelos no ensino pressupõe, também, cinco características intrínsecas, a saber: (1) definição ou significado do modelo; (2) propósito do modelo; (3) multiplicidade dos modelos científicos; (4) evolução histórica do modelo e sua contextualização no progresso da Geologia enquanto ramo do conhecimento científico, e (5) uso de modelos em contexto de ensino e aprendizagem. Por isso, em contexto de ensino, professores e alunos podem retirar vantagens do uso de modelos, à medida que desenvolvem diferentes atividades.³ Por este motivo, o ensino com base em modelos é um campo importante na formação inicial dos professores, de forma a garantir um adequado processo de ensino e aprendizagem dos alunos, em Ciências Naturais, incluindo muitas das abordagens que, em Geologia, se efetuam sobre processos de geodinâmica externa e interna, ciclos geoquímicos e história da Terra e da vida.⁴

Noutro estudo foram consideradas cinco características epistêmicas envolvidas no conhecimento científico (testável, revisável, explicativa, conjectural e generativa) e foi feito o comparativo das mesmas sob duas perspetivas distintas: ensino por prática/metodologia experimental comum e ensino por pesquisa. Globalmente, os resultados obtidos sugerem que deve ser prestada mais atenção a aspetos sobre a natureza dos modelos, às utilizações recentes dos modelos nos currículos de ciências e nos manuais escolares, de forma a clarificar a sua importância no processo de ensino e aprendizagem em Ciências Naturais.⁵

Em suma, os modelos de ensino são representações simples que facilitam a compreensão de conceitos e processos complexos em ciências, como sucede com a Teoria da Tectónica de Placas, talvez um dos paradigmas mais difíceis de abordar na pedagogia do ensino das Ciências Naturais, fruto da diversidade de conceitos interligados e suas escalas espacial e temporal que procuram explicar a evolução da Terra dinâmica. Dada a sua importância para a construção do conhecimento do aluno,

² Schwartz, R., & Skjold, B. «Teaching about nature of science, models, and DNA.» Annual meeting of the National Science Teachers Association. New Orleans, LA, (2009).

³ Oh, S. P., & Oh, J. S. «What teachers of science need to know about models: An overview.» *International Journal of Science Education* 33 (2011): 1109–1130.

⁴ Schwartz, R., & Lederman, N. «What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context.» *International Journal of Science Education* 30, 6 (2008): 727–771.

⁵ Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. «Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations.» *Science Education* 10 (2008): 1–27.

procedeu-se a uma caracterização dos modelos de ensino sobre esta temática, quanto à tipologia e função, presentes em manuais escolares de Geologia, do ensino secundário e do 1.º ciclo do ensino superior, utilizados em Portugal.

ASPETOS METODOLÓGICOS

A questão de investigação foi formulada de forma a identificar as principais características dos modelos existentes nos manuais escolares de Geologia, no ensino secundário e superior. Pretendeu-se verificar se os manuais escolares integram elementos da História da Ciência (HC) e modelos de ensino diversificados que facilitam o ensino e a aprendizagem da Teoria da Tectónica de Placas, podendo implicar adequações na sua atual apresentação, numa perspetiva holística e construtivista, contribuindo significativamente para a melhoria do nível de literacia científica do aluno.

Para responder à questão de investigação, foram definidos três objetivos específicos: 1) quantificar o número de modelos representados nos manuais; 2) categorizar os modelos com base na tipologia e na função; e 3) comparar a distribuição de modelos de ensino, apresentados nos manuais.

O procedimento envolveu uma análise documental e de conteúdo desses manuais escolares, no âmbito do ensino da Geologia. A amostra foi constituída por três manuais escolares da disciplina de Geologia do 12º ano de escolaridade do ensino secundário e por três manuais escolares disponíveis para a leção da disciplina de Geologia Geral do 1.º ciclo do ensino superior na Universidade de Coimbra. Para ambos os manuais foram selecionadas as unidades curriculares ou temáticas sobre o tema da Tectónica de placas e respetivos subtemas. Relativamente à representatividade da amostra, o critério de amostragem é por conveniência, dado que os manuais da disciplina de Geologia do 12.º ano, são os que as editoras disponibilizam no mercado e estão autorizados pelo Ministério da Educação e Ciência para a leção da mesma. Quanto aos manuais usados para ensino da Geologia no 1.º ciclo do ensino superior, trata-se de uma amostragem aleatória, no universo dos manuais disponíveis na biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, que abordam a temática selecionada para este estudo.

Para aferição do primeiro objetivo específico, procedeu-se à análise de conteúdo dos subtemas e ao registo do número de modelos de ensino presentes nos seis manuais analisados. Por sua vez, para concretização do segundo e terceiro objetivos específicos procedeu-se a uma análise de conteúdo dos modelos apresentados por manual escolar, tendo sido registados os resultados de frequência absoluta e respetiva percentagem por tipologia e função. Para isso, realizou-se uma categorização desses modelos sobre o tema da Tectónica de Placas, apresentados em manuais do ensino secundário e do ensino superior, tendo em conta a tipologia e função propostas no quadro 1.

Quadro 1: Tipologia e função dos modelos usados na caracterização dos manuais escolares.

Categoria	Subcategoria
Tipologia ^{6,7}	<ul style="list-style-type: none"> • Elemento da História da Ciência (HC) • Elemento científico ou de pesquisa (C) • Elementos híbridos (HC/C) • Analogias
Função ^{8,9}	<ul style="list-style-type: none"> • Visualização de um processo não observável/não acessível • Descrição de um processo • Explicação de um processo • Representação de dados ou resultados de pesquisa • Previsão/inferência de um processo • Avaliação/medição de processo • Modelagem de atividade • Realização de procedimentos experimentais ou de atividades práticas/pesquisa • Utilização de representações mistas/múltiplas funções

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da análise dos dados obtidos (tabela 1) constata-se que os manuais do ensino secundário apresentam um número (n=161) e percentagem (68,5%) de modelos superiores aos dos manuais do 1.º ciclo do ensino superior (respetivamente, n=74 e 31,5%), diferença que reflete um maior investimento na apresentação de modelos de ensino integrados, nos vários subtemas sobre Tectónica de Placas, nos manuais escolares do 12.º ano do ensino secundário.

Tabela 1: Número de modelos e respetiva percentagem apresentados nos manuais do ensino superior e do secundário para o tema Teoria da Tectónica de Placas.

Manual escolar (ME)	N.º Páginas analisadas	N.º total de modelos	Percentagem (%)	
Ensino superior ¹⁰	A	24	18	7,7
	B	46	28	11,9
	C	28	28	11,9

⁶ Van Der Valk, T., Van Driel, J. & De Vos, W. «Common characteristics of models in present-day scientific practice.» *Journal of Research in Science Education* 37 (2007): 469-488.

⁷ Sibley, D. «A cognitive framework for reasoning with scientific models.» *Journal of Geoscience Education* 57, 4 (2009): 255-263.

⁸ Van Der Valk, T., Van Driel, J. & De Vos, W. «Common characteristics of models in present-day scientific practice.» *Journal of Research in Science Education* 37 (2007): 469-488.

⁹ Schwartz, R. & Skjold, B. Teaching about scientific models in a science content course. *Educación Química* 23 (2012): 451-457.

¹⁰ (Manual A: Press, F., Siever, Raymond S., John, G., & Thomas, J. *Understanding Earth* (4ª Ed.). São Francisco: Freeman & Company, 2006. Manual B: Blake, S., Kevin, B., Nigel, H., Ian, P., Nick R., & Mike, W. *An Introduction to Our Dynamic Planet*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Manual C: Monroe, S., Reed, W., & Manuel Pozo. *Dinámica y Evolución del la Tierra* (4ª Ed.). Madrid: Paraninfo D.L, 2008.)

Manual escolar (ME)		N.º Páginas analisadas	N.º total de modelos	Percentagem (%)
Ensino secundário ¹¹	A1	50	62	26,4
	B1	54	58	24,7
	C1	51	41	17,5
Total			235	100

A tabela 2 sintetiza os dados resultantes da quantificação dos modelos representados nos manuais escolares analisados para a categoria Tipologia.

Tabela 2: Caracterização de modelos apresentados em manuais escolares do 1.º ciclo do ensino superior e do 12.º ano do ensino secundário, sobre o tema da Tectónica de Placas, de acordo com a categoria tipologia.

Subcategorias	Manuais do ensino superior (n; %)				Manuais do ensino secundário (n; %)				
	A	B	C	Total (T1)	A1	B1	C1	Total (T2)	T1+T2
Elemento da História da Ciência (HC)	2 11,1	0 0	1 3,6	3 4,0	1 1,6	1 1,7	1 2,4	3 1,9	6 2,6
Elemento científico ou de pesquisa (C)	15 83,3	22 78,6	23 82,1	60 81,1	43 69,4	48 82,8	30 73,2	121 75,1	181 77,0
Elementos híbridos (HC/C)	1 5,6	6 21,4	4 14,3	11 14,9	16 25,8	9 15,5	9 22,0	34 21,1	45 19,1
Analogias	0 0	0 0	0 0	0 0	2 3,2	0 0	1 2,4	3 1,9	3 1,3
Total (n; %)	18 100	28 100	28 100	74 100	62 100	58 100	41 100	161 100	235 100

A análise dos dados mostra que a subcategoria “Analogias” tem uma baixa representação nos ME do ensino secundário (n=3) e nenhuma nos manuais escolares do ensino superior (n=0), correspondendo a 1,3% do total de modelos em ambos os manuais.

Quanto à subcategoria “Elementos da História da Ciência”, verifica-se que ambos os manuais escolares apresentam poucos modelos deste tipo (n=3), correspondendo a uma percentagem de 4,0% e 1,9%, respetivamente nos ME do ensino superior e do ensino secundário. Para a categoria “Elementos híbridos”, verifica-se uma representatividade maior que nas categorias anteriores, representada por uma

¹¹ Manual A1: Dias, A., Paula G.; & Paulo, R. *Geologia, 12.º ano, Ensino Secundário*. Porto: Areal Editores, S.A, 2005. Manual B1: Oliveira, O., João, S., & Elsa, R. *GeoDesafios, 12.º ano, Ensino Secundário*. Portugal: Edições ASA II S.A, 2013. Manual C1: Félix, J., Isabel, S., & Rosário, C. *Geologia, 12.º ano*. Porto: Porto Editora, 2014.)

percentagem total de 19,1%, correspondendo a 14,9% (n=11) nos manuais escolares do ensino superior e a 21,1% (n=34) e do ensino secundário. Na subcategoria de “Elementos científicos ou de pesquisa” ocorrem os valores mais elevados, quer nos manuais do ensino superior (n=60), quer nos de ensino secundário (n=121), atingindo uma percentagem total de 77%. Assim, quanto à Tipologia dos modelos de ensino nos ME, destaca-se uma ocorrência mais elevada de modelos que representam Elementos científicos ou de pesquisa, nomeadamente no manual C do ensino superior (82,1%) e o manual A1 do ensino secundário (69,4%).

Quanto à Função dos modelos nos manuais analisados (Tabela 3), consideradas as diversas subcategorias, as percentagens totais mais baixas verificam-se, por ordem crescente, nas funções de “Modelagem de atividade” (1,7%), “Descrição de um processo” (4,7%) e ainda nas subcategorias de “Visualização de um processo não observável” e “Representação de dados ou resultados de pesquisa”, ambas com 5,1%. Em seguida surgem os modelos cujas funções se enquadram nas subcategorias de “Previsão e inferência de um processo” (10,2%), “Avaliação/medição de um processo” (11,5%) e de “Realização de procedimentos experimentais ou de atividades práticas/pesquisa” (14,0%), esta última apenas com representação nos ME do ensino secundário (n=33).

Os valores percentuais mais elevados ocorrem nas subcategorias de “Utilização de representações mistas/múltiplas funções” (24,7%) e de “Explicação de um processo” (23%). Os modelos enquadrados na primeira subcategoria ocorrem, maioritariamente, nos ME do ensino secundário (n=44, correspondendo a 27,3%), destacando-se o manual C1 (n=15, correspondendo a 36,6%). No entanto, percentualmente, o manual A do ensino superior sobressai em relação aos restantes do mesmo nível, com 38,9% dos modelos apresentados a enquadrarem-se nesta subcategoria. Na segunda subcategoria destacam-se os manuais C do ensino superior (35,7%) e o A1 do ensino secundário (29,0%). Por isso, quanto à função, as subcategorias mais representativas nos ME são as de Explicação de um processo e a de Utilização de representações mistas/múltiplas funções.

Tabela 3: Caracterização de modelos apresentados em manuais escolares do 1.º ciclo do ensino superior e do 12.º ano do ensino secundário, sobre o tema da Tectónica de Placas, de acordo com a função.

Subcategorias	Manuais do ensino superior (n; %)				Manuais do ensino secundário (n; %)				
	A	B	C	Total (T1)	A1	B1	C1	Total (T2)	T1+T2
Visualização de um processo não observável/não acessível	1 5,6	3 10,8	1 3,6	5 6,8	2 3,2	3 5,2	2 4,9	7 4,4	12 5,1

Descrição de um processo	1 5,6	1 3,6	2 7,1	4 5,4	4 6,5	3 5,2	0 0	7 4,4	11 4,7
Explicação de um processo	3 16,6	5 17,8	10 35,7	18 24,3	18 29,0	12 20,7	6 14,6	36 22,3	54 23,0
Representação de dados ou resultados de pesquisa	1 5,6	5 17,8	0 0	6 8,1	4 6,5	0 0	2 4,9	6 3,7	12 5,1
Previsão/inferência de um processo	3 16,6	7 25,0	5 17,8	15 20,3	6 9,7	1 1,7	2 4,9	9 5,6	24 10,2
Avaliação /medição de processo	2 11,1	7 25,0	3 10,8	12 16,2	4 6,5	7 12,1	4 9,8	15 9,3	27 11,5
Modelagem de atividade	0 0	0 0	0 0	0 0	2 3,2	1 1,7	1 2,4	4 2,5	4 1,7
Realização de procedimentos experimentais ou de atividades práticas/pesquisa	0 0	0 0	0 0	0 0	10 16,1	14 24,1	9 21,9	33 20,5	33 14,0
Utilização de representações mistas/múltiplas funções	7 38,9	0 0	7 25,0	14 18,9	12 19,3	17 29,3	15 36,6	44 27,3	58 24,7
Total (n/%)	18 100	28 100	28 100	74 100	62 100	58 100	41 100	161 100	235 100

Os resultados indicam que, quanto à distribuição de modelos de ensino, apresentados nos manuais do ensino superior e do ensino secundário, com base na tipologia (Tabela 2), a subcategoria mais representativa é a de “Elemento científico e de pesquisa” (77,0%), seguido pela subcategoria de “Elementos híbridos” (19,1%). Comparativamente as subcategorias que apresentam representatividade baixa são as “Analogias” (1,3%) e “Elementos sobre História da Ciência” (2,6%).

A distribuição de modelos, relativamente à sua função, revela alguma diversidade. Globalmente, verifica-se maior representatividade nas subcategorias “Utilização de representações mistas/múltiplas funções” (24,7%) e de “Explicação de um processo”. Pelo contrário, as subcategorias de “Modelagem de atividades” (1,7%), “Descrição de um processo” (4,7%), “Representação de dados ou resultados de pesquisa” (5,1%) e “Visualização de um processo não observável/não acessível” (5,1%) apresentam baixa representatividade.

Contudo, quando comparados os ME dos dois níveis de ensino, verifica-se que os ME do ensino superior registam uma frequência relativa mais elevada na subcategoria de “Explicação de um processo” (24,3%) enquanto nos ME do ensino secundário predomina a função “Utilização de representações mistas/múltiplas funções” (27,3%). Os ME do ensino superior revelam ausência de

modelos de ensino nas subcategorias de “Modelagem de atividade” (n=0) e de “Realização de procedimentos experimentais ou de atividades práticas/pesquisa” (n=0), que, nos ME do ensino secundário, revelam uma frequência relativa de 2,5% e 20,5%, respetivamente, o que revela diferenças significativas na estrutura didática destes manuais.

Face aos resultados obtidos, é importante reforçar a utilização dos modelos de ensino e complementar as lacunas dos manuais escolares, recorrendo a recursos como artigos de divulgação científica em Geologia e outros no domínio da História da Ciência e a atividades de modelagem, em ambos os níveis de ensino. A revisão de literatura sobre modelos científicos e analogias indica que, em Geologia, os modelos científicos envolvem relações de análogos, sendo estas relações equivalentes a modelos porque: (1) são baseadas no reconhecimento das características relacionais do análogo ou modelo e o alvo, (2) mapeiam semelhanças e diferenças entre o modelo e o alvo, e (3) apoiam inferências sobre o alvo com base nas semelhanças de relação entre o alvo e análogo ou modelo. Assim, os processos cognitivos envolvidos no pensamento analógico fornecem o enquadramento teórico e a base de investigação ou pesquisa para uma boa planificação no ensino e formação de professores, de modo a melhorar as capacidades de usar e produzir modelos científicos em Geologia.¹²

Em contexto de ensino, os modelos são usados para comunicar ideias ou conceitos, mais do que para gerar novas ideias ou para rever modelos. Por isso, é importante que o aluno consiga desenvolver capacidades metacognitivas e compreender que a construção de um modelo pode gerar novas ideias, ou fazer previsões de um processo.¹³

O uso de modelos pode, também, ajudar a desenvolver o pensamento criativo, capacidade essencial em ciências, embora requeira um tipo de ensino por pesquisa que integre estratégias explícitas de promoção da flexibilidade cognitiva e de literacia científica. Para isso, é necessário lembrar os alunos e demonstrar continuamente como ser criativo, integrando diversos materiais no ensino das temáticas, saber questionar os seus pressupostos e imaginar outros pontos de vista e possibilidades.¹⁴ O pensamento crítico, em termos de senso comum, implica ser capaz de avaliar os dois lados de uma questão, estar aberto a novos factos que invalidam uma ideia inicial, usar o raciocínio lógico com base em evidências, deduzir e inferir conclusões a partir de dados aferidos ou resultados, e resolver

¹² Sibley, D. «A cognitive framework for reasoning with scientific models.» *Journal of Geoscience Education* 57, 4 (2009): 255-263.

¹³ Schwartz, R., & Skjold, B. «Teaching about nature of science, models, and DNA.» Annual meeting of the National Science Teachers Association. New Orleans, LA, (2009).

¹⁴ DeHaan, R. «Teaching creativity and inventive problem solving in science.» *Life Sciences Education* 8 (2009): 172-181.

problemas. Resumidamente, este tipo de pensamento crítico inclui: raciocinar; elaborar críticas; saber tomar decisões e resolver problemas.¹⁵

Outras investigações demonstraram que as concepções dos cientistas sobre o conceito de modelo incluem oito características principais: (1) um modelo está sempre relacionado com um alvo e tem um propósito específico; (2) os modelos servem como instrumento de pesquisa e são usados para obter informação sobre o alvo, que não pode ser observada ou medida diretamente; (3) um modelo possui algumas analogias com o alvo e permitem ao investigador atingir o propósito do modelo, em particular, para obter hipóteses sobre o modelo ou para fazer previsões, que podem ser testadas durante o estudo do alvo; (4) o modelo difere em relação a certos aspetos do alvo, tornando o modelo mais acessível para a pesquisa do que o alvo; (5) uma vez que um modelo possui analogia com o alvo e, simultaneamente difere deste nalguns aspetos, pode originar propostas distintas, então o resultado final desse modelo representa um compromisso; (6) um modelo não interage diretamente como o alvo que representa e, conseqüentemente, envolve um elemento de criatividade no seu planeamento, relativo ao seu propósito; (7) vários modelos consensuais podem coexistir com respeito ao mesmo alvo, como no caso da utilização de modelos diferentes para a estrutura molecular da água em função de diferentes questões de investigação; e (8) um modelo pode evoluir através de um processo iterativo, como parte de atividades de pesquisa. Todas estas características devem ser consideradas como importantes no processo de ensino e de aprendizagem das ciências naturais.¹⁶

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo realçam a necessidade de melhorar a utilização de modelos no ensino das ciências ao nível dos ensinos secundário e superior. Este tipo de recurso assume grande maior importância nos materiais didáticos utilizados pelos professores, pois fazem a transição entre os modelos científicos e os modelos mentais dos alunos e, assim, facilitar o ensino e compreensão de conceitos científicos. Por isso, um ensino por pesquisa deve envolver a utilização de modelos de ensino e estes devem ser incluídos nos práticas docentes e nos manuais didáticos, dado que as características principais do conhecimento científico são transversais aos modelos científicos e de ensino.

Assim, é importante ser feita investigação mais aprofundada que contribua para a melhoria e desenvolvimento de concepções e práticas de ensino e aprendizagem dos alunos, com recurso a modelos explicativos e práticos, que promovam a aprendizagem de como funcionam os processos do mundo

¹⁵ Willingham, D. «Critical thinking: Why is so hard to teach?» *Arts Education Policy Review* 109, 4 (2008): 21-29.

¹⁶ Van Der Valk, T., Van Driel, J. & De Vos, W. «Common characteristics of models in present-day scientific practice.» *Journal of Research in Science Education* 37 (2007): 469-488.

natural, alterando a versão estática dos modelos, como versões finais de conhecimento apresentados nos manuais escolares e, incluir mais atividades de modelagem para que os alunos participem ativamente na construção e testagem de modelos simplificados, que sirvam de ponte para os modelos científicos.¹⁷

AGRADECIMENTOS

CITEUC é financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia (projeto: UID/MULTI/00611/2019) e FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional através do COMPETE 2020 Programa Operacional de Competitividade e Internacionalização (projeto: POCI-01-0145-FEDER-006922).

SOBRE OS AUTORES

Paula Faustino^{1,2,3}; Pedro Callapez^{1,2}; Ana Rola^{1,2}; Elsa Gomes^{1,2}

¹Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, rua Sílvio Lima, Polo II, 3030-790 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação da Terra e do Espaço, Universidade de Coimbra, 3000-134 Coimbra, Portugal.

³paulanfaust@gmail.com

¹⁷ Erduran, S. «Philosophy of chemistry: An emerging field with implications for chemistry education.» *Science & Education* 10 (2001): 581-593.