

CIDADANIA E EDUCAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS: SUBSÍDIOS DO TEMPO GEOLÓGICO

CITIZENSHIP AND GEOSCIENCES EDUCATION: GEOLOGICAL TIME SUBSIDIES

Luísa Martins¹, Jorge Bonito^{2,3}, Luis Marques³

¹ Escola Secundária Alves Martins. Av. Infante D. Henrique, 3514-507 Viseu. *Email:* luisalopesmartins@gmail.com

² Escola de Ciências Sociais, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora. *Email:* jbonito@uevora.pt

³ CIDTFF da Universidade de Aveiro, Campus Universitário, 3810-193 Aveiro. *Email:* luis@ua.pt

Resumo

Este estudo contribui para a melhor compreensão da reconhecida complexidade conceptual do tempo geológico e, particularmente, das suas implicações educacionais e cívicas. As suas finalidades são: conhecer a relevância que os alunos atribuem à literacia científica, diagnosticar concepções acerca dos conceitos de tempo e de tempo geológico, identificar fatores condicionantes da sua respetiva compreensão e, ainda, investigar a importância atribuída ao tempo geológico na aprendizagem da Geologia e na promoção do desenvolvimento sustentável.

Uma abordagem de natureza multimetodológica, numa matriz sociocrítico, foi aplicada a uma amostra aleatória, envolvendo 1604 alunos dos 10.º e 11.º anos. Os planos de estudo dos primeiros integravam, ou não, temáticas de Geologia, enquanto os dos segundos, todos as incluíam. Os dados, obtidos através da aplicação de um questionário construído de raiz e desenhado em função das quatro finalidades do estudo, foram analisados tendo em consideração critérios como as análises descritiva, de conteúdo e de componentes principais.

Os resultados revelam que: *a)* a consciência dos assuntos ambientais dos alunos é positivamente influenciada pela abordagem prévia das temáticas de Geologia, bem como pela qualificação académica dos pais, o que mostra a importância da literacia científica na formação; *b)* os conceitos de tempo e de tempo geológico expressos são maioritariamente inadequados e influenciados, quer pela proximidade temporal, quer pelo grau de abstração; *c)* a importância destes conceitos na compreensão dos fenómenos geológicos é sustentada pelo seu caráter de predição de acontecimentos naturais e, também, pelo facto de serem facilitadores da compreensão da história da Terra; *d)* há contribuições da história da Terra na procura de soluções para questões ambientais e para a promoção do desenvolvimento sustentável, através de perspetivas ambientalistas tendencialmente deterministas ou protecionistas.

O estudo reforça a conveniência da educação para o desenvolvimento sustentável ter em atenção cuidados com o sistema Terra, implicando para tal uma maior capacidade crítica do cidadão.

Palavras-chave: Educação em Geociências; Cidadania; Tempo Geológico; Desenvolvimento sustentável.

Abstract

This study contributes to a better understanding of the recognized conceptual complexity of geological time, and particularly of its educational and civic implications. Its objectives are: to identify the relevance that students attribute to scientific literacy, to diagnose conceptions about the concepts of time and geological time, to identify conditioning factors of their respective understanding, and to investigate the importance attributed to geological time in the learning of Geology and in promoting sustainable development.

An approach of a multi-methodological nature, under a socio-critical matrix, is applied to a random sample, involving 1604 10th and 11th grade students. The curricula of the former included or did not include geological themes, whereas the latter included all of them. The data, obtained through the application of a questionnaire built from scratch and designed according to the four purposes of the study, were analyzed taking into consideration criteria such as descriptive, content, and main components analyses.

The results reveal that: a) the awareness of students' environmental issues is positively influenced by the previous approach to the topics of Geology as well as by the academic qualification of the parents, which shows the importance of scientific literacy in education; b) the concepts of time and geological time expressed are mostly inadequate and either influenced by temporal proximity or by degree of abstraction; c) the importance of these concepts for the understanding of geological phenomena is supported by the predictive character of natural events and also by the fact that they facilitate the understanding of the Earth's history; d) there are contributions from the history of the Earth in the search for solutions for environmental issues and the promotion of sustainable development through tendentially deterministic or protectionist environmental perspectives.

The study reinforces the desirability of education for sustainable development to take care of the Earth system, thus implying a greater critical capacity from the citizen.

Keywords: *Geosciences Education; Citizenship; Geological Time; Sustainable development.*

1. INTRODUÇÃO

O conceito de tempo tem sido um dos mais intensamente discutidos, transdisciplinarmente pela filosofia, pela ciência e pela religião, perturbando muitas mentes há muitos séculos e dificilmente pode ser definido de uma forma incontroversa. Uma das questões debatidas por filósofos, físicos e teólogos prende-se com a oposição entre duas perspetivas associadas a duas metáforas. A “seta do tempo”, por um lado, como a contribuição mais importante e distintiva do pensamento judeu. Por outro, o favorecimento de sistemas anteriores e posteriores ao encadeamento da história linear, do ciclo do tempo Gould (1991). Como nos ensina Klein (2007), “transmitida pelo uso, embalada pela cultura, amaciada pelo hábito, a noção de tempo parece de fácil acesso, pelo menos à primeira vista” (p. 19). Mas não é! Como assinalou Immanuel Kant, na

sua *Kritik der reinen Vernunft*, a principal obra de teoria do conhecimento do filósofo, cuja primeira edição é de 1781, com alterações substanciais feitas pelo autor em determinadas seções em 1787, “*space and time form part of the basic architecture of our thinking. A change in our understanding of these fundamental structures affects every aspect of our lives*” (citado por Cervato & Frodeman, 2012, p. 22). O conceito de tempo assume, por isso, um importante papel em várias áreas do saber, como sejam a Antropologia, a Biologia Evolutiva, a Cosmologia, a Filosofia, a Física, a História, a Linguística, a Literatura, a Paleontologia, entre outras.

Aprender o conceito de tempo, todavia, não é também demasiado difícil. “O conhecimento dos factos históricos por parte da sociedade revela que grande parte das pessoas os apreende com facilidade” (Trend, 2007, p. 46). Para essa facilidade contribuem várias razões:

Primeiro, as pessoas podem incorporar novos eventos nos seus esquemas pessoais. Segundo, as pessoas estão familiarizadas através de muitas informações, através de muitos livros de divulgação com as escalas milésimos de segundo (...). Ainda que sejam conceitos difíceis, quer os livros de divulgação quer a televisão torna-os acessíveis. Terceiro, existe um grande número de livros que trabalham o conceito filosófico do tempo e a maneira como ele é percebido e concebido nas diferentes culturas e religiões. (Trend, 2007, p. 46)

A passagem do tempo não é uma experiência que se sinta diretamente. As memórias humanas estão organizadas por sequências possíveis de eventos em diferentes escalas. Os humanos experimentam eventos ao longo do tempo e não propriamente o tempo. Note-se que algumas experiências, de naufragos em locais desertos e de enclausurados durante muito tempo, conduziram à perda da noção métrica do tempo. O conceito de tempo é, em si mesmo, claramente evasivo. O tempo não se sente mas tem-se consciência que decorre. Por isso, o ser humano acaba por incorporar o tempo como um “tronco” de significado estrutural e central em todas as atividades quotidianas em que a vida se desdobra (“ramos”). Sem a noção de tempo a vida deixaria de ser cativante, porque tudo tem um tempo para ocorrer e para perecer. Um tempo para se assinalar. Este é um dos aspetos curiosos e essenciais. Apesar da existência do “tronco”, a familiaridade com o tempo faz com que se assinale num friso cronológico uma narrativa de tipologia textual dos principais (“ramos”) que vão constituindo o nosso tempo passado.

Desprezamos o “tronco”, o segundo, o minuto, a hora e o dia, para fixar nele cada “ramo”, em determinada posição que constituirá a nossa memória do que somos,

fizemos e aconteceu: um nascimento, uma vitória, uma morte, uma decisão, uma união, etc.

Martins (2015) recorda-nos que esta familiaridade com o tempo, devida à sua presença em muitas dimensões da vida, passa, por vezes, a constituir-se como tópico ou personagem da própria narrativa. Lewis Carroll (2010), n' *As aventuras de Alice no País das Maravilhas* (Capítulo 7 - *O chá dos Loucos*), coloca Alice em diálogo com o chapeleiro:

Alice suspirou exasperada.

– Acho que vocês dariam o vosso tempo por melhor empregue se não o gastassem a perguntar adivinhas sem resposta – disse ela.

– Se conhecesses o Tempo tão bem como eu, não falavas *dele* – disse o Chapeleiro. – Falavas *com ele*.

– Não percebo o que queres dizer – replicou Alice.

– Está claro que não! – exclamou o Chapeleiro, abanando a cabeça com ar de desprezo. – Quer-me parecer que nunca falaste com o Tempo!

– Talvez não – confessou Alice, prudentemente. – Só sei que tenho de bater o tempo certo quando estudo música.

– Ora aí está! – disse o Chapeleiro. – Ele não suporta que lhe batam. Agora, se tivesses uma boa relação com ele, ele fazia o que tu quisesses com o relógio. (pp. 9-10)

Se prolongarmos a seta cronológica para o passado, os marcos continuam a assinalar-se, já fora da nossa memória enquanto vivência. Na cronologia cristã, duas grandes divisões são construídas com base no nascimento de Cristo: antes de Cristo (aC) e depois de Cristo (dC).

Seguem-se outros períodos, enquanto ramos introduzidos no tronco, como por exemplo, a Idade Moderna, a Idade Média, a Idade Antiga e a Pré-história, que antecede a invenção da escrita, como a Idade da Pedra e a Idade dos Metais. Todos estes “ramos” são apensos ao “tronco” num determinado momento, função do conhecimento científico que se tem de aí terem ocorrido. A consideração de tal pressuposto conduz à possibilidade da localização da inserção do “ramo” poder vir a ser alterada em função do conhecimento futuro que se produza. Destarte, o fim da Idade Média, por exemplo, é normalmente apontado no ano de 1500, embora sem consenso na comunidade científica. Alguns historiadores, como *e.g.*, Davies (1996) consideraram que a transição da Idade Média para a Idade Moderna varia em função do contexto, podendo ser assinalada por vários eventos, como seja a primeira viagem de Cristóvão Colombo às Américas, em 1492, a conquista de Constantinopla pelos Turcos, em 1453, ou a Reforma Protestante, em 1517. Outros, como *e.g.*, Saul (1983), referem-se à Batalha de Bosworth, em 1485, ou, como Kamen (2005) usam o marco de 1516, aquando a morte do rei Fernando II de

Aragão, o de 1504, com a morte da rainha Isabel I de Castela, ou ainda o de 1492, com a conquista de Granada, para assinalarem o fim da Idade Média no friso cronológico

Este aspeto é estruturante para o avanço que fizemos: os períodos da História são definidos por eventos históricos (caraterizados pelos historiadores em função dos factos conhecidos), assinalados sobre o friso contínuo do tempo. Proceder ao contrário seria perfilhar algum determinismo, que rejeitamos.

Se recuarmos mais e mais séculos, milénios e dezenas de milénios, entramos num período dos primórdios do ser humano (*deep history*). E, recuando mais, e muito mais, no friso contínuo do tempo, mergulha-se em outros tempos. O percurso pode estender-se até à formação da Terra. Por isso, fala-se de tempo geológico, que coabita com a expressão “tempo profundo” (*deep time*), conceito desenvolvido no século XVIII por James Hutton.

O tempo geológico corresponde ao intervalo que vai desde a formação da Terra até à atualidade. Existem dois princípios estruturantes para reconstituir a História da Terra. Um é o princípio do uniformitarismo (proposto por Charles Lyell, em 1830), que afirma que o presente é a chave do passado, ou seja, as leis físico-químicas atuais são as mesmas que atuaram no passado geológico. O segundo princípio é o do atualismo, de James Hutton (1726-1797), que considera que os fenómenos geológicos, no passado, ocorreram da mesma forma que ocorrem no nosso tempo. Recorrendo-se a uma sequência de geoeventos é possível estabelecer uma cronologia relativa, tendo em conta alguns princípios da Geologia.

A escala de tempo geológico é dividida em unidades geocronológicas (Éons, Eras, Períodos, Épocas e Idades). Estas unidades abstratas de tempo geológico correspondem às unidades cronoestratigráficas (Eonotema, Eratema, Sistema, Série e Andar) que são concretas e objetivas.

As divisões do calendário geológico, seguindo o exemplo que demos para o calendário histórico, são assinaladas pela ocorrência de determinados eventos. As unidades cronoestratigráficas estão associadas a volumes de materiais rochosos estratificados, a processos geológicos ou a grandes eventos geológicos da história do planeta que ocorreram num determinado intervalo de tempo.

A compreensão do conceito de tempo geológico assume, como se percebe, uma importância significativa na literacia científica, (Catley & Novick, 2009). O tempo geológico permite compreender muitas das grandes mudanças na História da Terra, não apenas identificando e localizando a sua existência no passado, mas também percebendo

algum ritmo cíclico nessas ocorrências, por vezes associadas a opções erradas tomadas pelas sociedades (Diamond, 2008; Rocchia, 2001).

O reconhecimento da importância do tempo geológico para o pensamento geral, segundo um modelo de raciocínio adequado para enfrentar os problemas emergentes no século XXI, é assinalado por diversos autores (Cervato & Frodeman, 2012; Frodeman, 2010; Trend, 2009). Nesta linha, Stokes (1960), citado por Moreno, Cid e Calonge (2008), ensina que todas as investigações e discussões sobre o conceito de tempo chegaram à conclusão de que *“la idea del tiempo geológico es la gran contribución de la geología al pensamiento general”* (p. 242). Do mesmo modo, Dodick e Orion (2003b) constataram que os alunos de Geociências foram mais capazes de transferir as suas capacidades diacrônicas para pensar para outras tarefas fora da disciplina, tendo sublinhado que *“diachronic thinking is a central skill in any historically based science, such as ecology, astronomy, and evolutionary biology”* (p. 724).

O tempo geológico exige ainda a mobilização de unidades de tempo diferentes das que fazem parte da experiência vivida (Resnick, Atit & Shipley, 2012). A ordem de grandeza das escalas que é necessário mobilizar (números muito grandes ou muito pequenos) exige uma considerável flexibilidade de pensamento e um assinalável grau de abstração. Muitas vezes, o grau de abstração exigido é, também, uma barreira responsável pelas dificuldades relacionadas com a compreensão do tempo geológico (Catley & Novick, 2009; Dodick, 2012; Libarkin, Kurdziel & Anderson, 2007; Trend, 1997). Segundo Cervato e Frodeman (2012), *“large numbers require more nuanced thinking in order to bridge the drastic differences in scale between the human experience with time and the various magnitudes of geologic time”* (p. 22). Esta dificuldade obriga a procurar formas de resolver o problema, o que pode ser conseguido através de alguma aproximação ao concreto.

A reflexão sobre o nosso futuro no planeta não pode deixar de envolver uma adequada compreensão de que alguns recursos são renováveis à escala do tempo geológico, mas não no tempo humano (Reeves & Lenoir, 2006). Uma das potencialidades do tempo geológico é o contributo que ele pode dar para o pensamento diacrónico, como destaca Dodick (2012):

my research points to two cognitive attributes that might assist people in transforming static sequences of rock and fossil into a dynamic tableau of change over time. The first is explained by psychologist Jacques Montangero’s (1992, 1996) “diachronic thinking” model. (p. 31)

Segundo Dodick e Orion (2003a), existem vários fatores (Figura 1) que podem influenciar o pensamento diacrônico, aspecto que considera fundamental para utilizar as lições do passado como ajuda na resolução dos problemas do presente, nomeadamente no que diz respeito às questões ambientais.

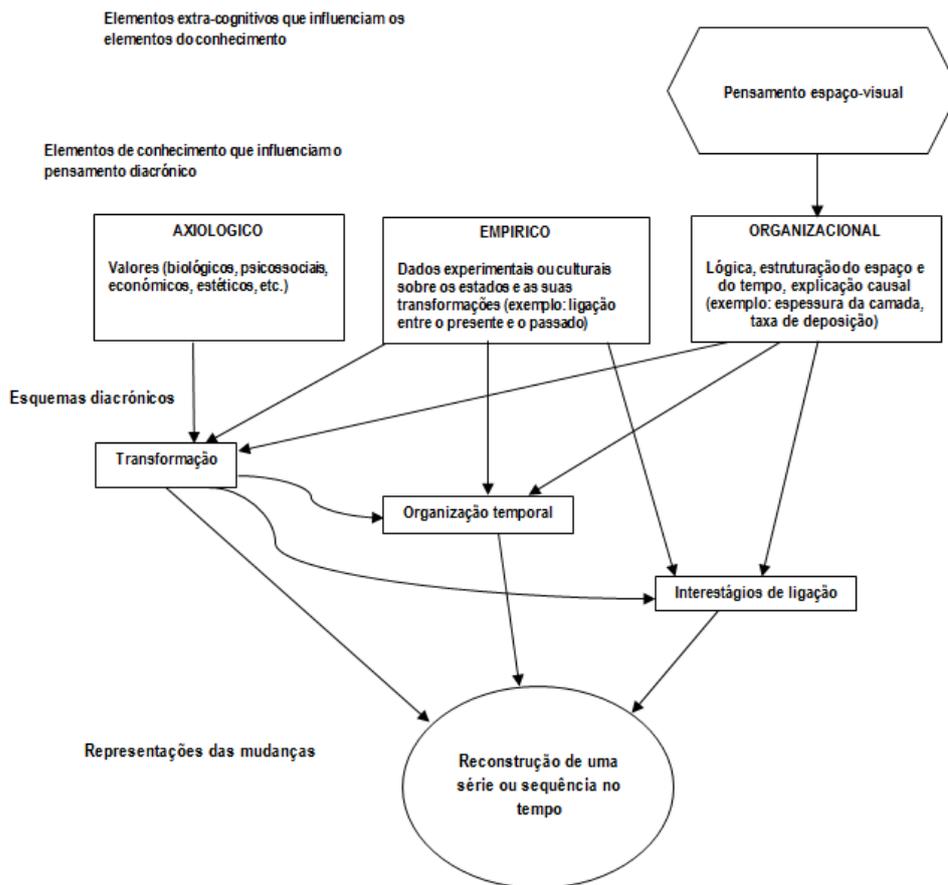


Figura 1 - Modelo da lógica temporal na Geologia (Dodick & Orion, 2003a, p. 433).

O desenvolvimento sustentável baseia-se na visão de um mundo com igualdade de oportunidades na educação e com práticas sociais, económicas e políticas que contribuam para uma transformação positiva da sociedade. Esta conceção surge como resposta a três dimensões fundamentais: *a*) o desenvolvimento económico; *b*) a proteção do ambiente; e *c*) a vertente político-institucional (Fonseca, 2010). O desenvolvimento sustentável conduz a um conjunto de desafios relacionados com a promoção de padrões de produção e de consumo harmoniosos, assente no reforço da boa governação a todos os níveis, incluindo a capacitação, a inovação e a cooperação tecnológica.

A importância da relação entre o tempo geológico e o desenvolvimento sustentável deve-se principalmente ao facto de a época atual ser fortemente marcada

pela ação humana e de constituir uma peça fundamental na história e no futuro da Terra. O estudo do tempo geológico permite tornar mais simples a compreensão e aceitação de que é necessário estarmos atentos e agirmos rapidamente para que os problemas do planeta não se agravem (e para que os subsistemas tendam para o equilíbrio). Uma cidadania ativa desperta consciências coparticipantes na identificação de desequilíbrios do planeta e na procura das soluções imediatas e mediatas à sua restauração.

Alho e Lopes (2010) trazem à discussão que “devemos continuar a apostar nas pessoas, a confiar na autenticidade das causas, mesmo que seja preciso lançar pedidos de socorro, como o poeta Sebastião da Gama fez em 1948! Uma Ética da Sustentabilidade continua a ser exigida!” (p. 35). É, assim, necessário mobilizar os cidadãos para acompanharem a evolução do sistema de governação mundial e assegurar uma mudança civilizacional nos valores éticos e políticos que conduzam a ajustes no modelo de desenvolvimento. Perante os desafios da era planetária, importa encontrar soluções e respostas a uma escala global, a começar pelo local, envolvendo todos e cada um de nós, de modo a assegurar uma transição cultural (longa e difícil) para uma Era da Sustentabilidade, em que haja coerência entre o pensar e o agir.

O objetivo deste estudo foi contribuir para o desenvolvimento de um quadro de conhecimento no âmbito da Educação em Geociências, visando o desenvolvimento de alunos como cidadãos cientificamente cultos, numa lógica de sustentabilidade. Para tal, partiu-se da seguinte questão de investigação: *De que modo a compreensão do tempo geológico contribui para um aprofundamento da cultura científica e da responsabilidade do cidadão que promova o desenvolvimento sustentável, numa matriz Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA)?*

2. METODOLOGIA

2.1. Desenho do estudo

A investigação central desenvolveu-se através de uma abordagem de natureza multimetodológica, orientada pelo paradigma sócio-crítico (Coutinho, 2011). Neste artigo damos conta da parte que envolveu a investigação por questionário.

2.2. Área do estudo

Este estudo realizou-se em 26 agrupamentos de escolas das regiões Norte e Centro de Portugal Continental, envolvendo 22 cidades e vilas dos distritos de Aveiro, Braga, Guarda, Porto, Viana do Castelo e Viseu.

2.3. Participantes

Participaram neste estudo 22 turmas do 10.º ano, que não têm no seu plano de estudos a disciplina de Biologia e Geologia; 26 turmas do 10.º ano com a disciplina de Biologia e Geologia e 26 turmas do 11.º ano com a referida disciplina, num total de 74 turmas, envolvendo 1604 alunos. Fez-se uma amostragem aleatória, com um erro amostral de 3,21% para IC de 99%.

2.4. Instrumentos de pesquisa

Foi construído um questionário (TEMGEODS) de raiz, com base nos resultados: *a)* Do projeto “*Deep time in schoolin: contributions of students’ perceptions for the development of scientifically literate citizens*”, desenvolvido no Centro de Investigação “Didática e Tecnologia na Formação de Formadores” da Universidade de Aveiro, entre 2008 e 2010, *b)* Do “Programa Internacional de Avaliação de Estudantes” PISA 2006; *c)* Da revisão da literatura da especialidade. O instrumento foi validado por especialistas e aprovada a sua aplicação pela Direção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular do Ministério da Educação e pela direção de cada agrupamento de escolas, para o período compreendido entre 23 de novembro de 2009 e 22 de janeiro de 2010. O questionário apresenta quatro dimensões, cada uma com as suas categorias de conteúdo estruturantes (Tabela 1):

Tabela 1 - Matriz do questionário TEMGEODS.

Objetivos	Categorias de conteúdo	Itens do questionário
1. Identificar a importância que os alunos atribuem à literacia científica.	1.1. Consciência dos assuntos ambientais.	Q_11
	1.2. Otimismo ambiental.	Q_12
	1.3. Motivação para o envolvimento com a ciência:	
	1.3.1. Interesse pelas áreas científicas;	Q_8.1
	1.3.2. Interesse por processos científicos;	Q_8.2
	1.3.3. As vantagens em aprender ciências;	Q_9
	1.3.4. A importância da ciência.	Q_10

Tabela 1 (continuação) – Matriz do questionário TEMGEODS.

Objetivos	Categorias de conteúdo	Itens do questionário
2. Diagnosticar as concepções dos alunos acerca do conceito de tempo e de tempo geológico.	2.1. O conceito de tempo. 2.2. O conceito de tempo geológico. 2.3. A datação relativa. 2.4. A datação isotópica. 2.5. Os critérios usados na criação da escala de tempo geológico.	Q_13; Q_13.1; Q_13.2 Q_14 Q_15; Q_17.1; Q_17.2 Q_16 Q_19
3. Identificar fatores que condicionam a compreensão do conceito de tempo geológico.	3.1. Proximidade temporal. 3.2. O grau de abstração.	Q_21.3; Q_21.5; Q_18 Q_21.1; Q_21.2; Q_21.8; Q_21.10
4. Diagnosticar a importância que os alunos atribuem ao tempo geológico na aprendizagem da Geologia e na promoção do desenvolvimento sustentável.	4.1. A relevância do conceito de tempo geológico. 4.2. Relação entre tempo geológico e o desenvolvimento sustentável.	Q_20; Q_21.4; Q_21.6; Q_21.7; Q_21.9 Q_22; Q_23.1; Q_23.2

2.5. Análise da informação

A informação recolhida foi analisada tendo em conta vários critérios: *a)* análise descritiva; *b)* análise de conteúdo; e *c)* análise de componentes principais.

2.6. Considerações éticas e gestão da informação

Encontra-se garantida a confidencialidade dos sujeitos participantes no estudo e a informação obtida é gerida pela primeira autora deste trabalho, de acordo com os princípios éticos da investigação em ciências sociais (Smith, 2003).

3. RESULTADOS

No gráfico da Figura 2 apresenta-se a informação relativa ao curso do ensino secundário frequentado pelos alunos.

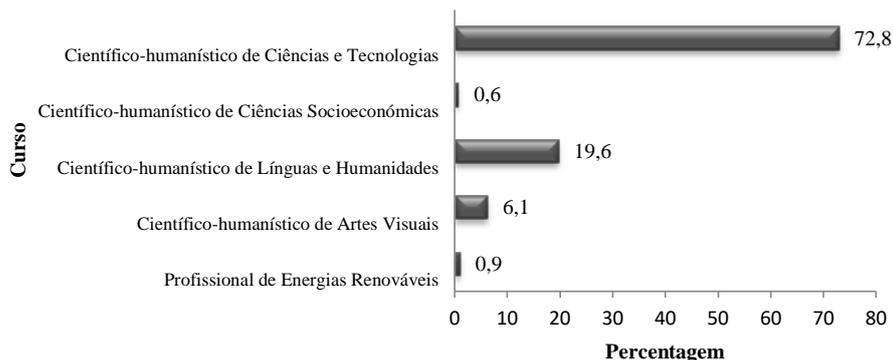


Figura 2 - Curso do ensino secundário frequentado.

A idade dos alunos está compreendida entre 14 (0,3%) e os 21 anos (0,1%), com a maior parte a ter 16 anos (43,8%), seguindo-se o grupo com 15 anos (39,4%). Cerca de 43,6% dos alunos são rapazes. A maioria dos pais dos alunos inquiridos não chegou a ingressar no ensino secundário. Apenas 19,3% indicam que os pais obtiveram o curso geral do ensino secundário ou equivalente e 17,2% indicam qualificações académicas ao nível do ensino superior. Relativamente às mães, cerca de 25% têm apenas o terceiro ciclo do ensino básico ou equivalente e cerca de 21,3% obteve uma qualificação académica ao nível do ensino superior.

A importância da literacia científica é avaliada em três aspetos, a saber: *a*) consciência dos assuntos ambientais; *b*) perspetiva sobre as questões ambientais (otimismo ambiental); *c*) motivação para o envolvimento com a ciência.

3.1. Importância da literacia científica

Rapazes e raparigas não se distinguem, em média, na consciência dos assuntos ambientais. O otimismo ambiental é significativamente superior nas raparigas em comparação com os rapazes. Também o interesse pelas áreas científicas é estatisticamente superior no sexo feminino. São as raparigas, ainda, que atribuem maior importância à ciência, sendo a diferença entre médias estatisticamente significativa (Tabela 2).

Tabela 2 - Correlações entre as medidas de importância atribuída à literacia científica e a idade.

Importância da literacia científica (ILC)	Idade
ILC_CAA Consciência dos assuntos ambientais	0,011
ILC_OA Otimismo ambiental	0,001
ILC_IAPC Interesse pelas áreas e processos científicos	-0,031
ILC_IAC Importância atribuída à ciência	-0,027

A idade não se correlaciona com qualquer das medidas da importância atribuída à literacia científica. Na consciência dos assuntos ambientais, os jovens do 10.º ano que não frequentam a disciplina de Biologia e Geologia apresentam uma média significativamente inferior aos seus colegas que a frequentam no 10.º e no 11.º anos (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias, desvios-padrão e ANOVA das variáveis de literacia científica em função do sexo.

Importância da literacia científica (ILC)	Sexo	N	Média	DP	F	p
ILC_CAA Consciência dos assuntos ambientais	H	690	0,04	1,01	1,987	0,159 ^{ns}
	M	896	-0,03	0,99		
ILC_OA Otimismo ambiental	H	689	-0,12	1,08	17,006 ^a	0,000 ^{***}
	M	879	0,09	0,92		
ILC_IAPC Interesse pelas áreas e processos científicos	H	689	-0,08	1,00	7,499	0,006 ^{***}
	M	880	0,06	1,00		
ILC_IAC Importância atribuída à ciência	H	683	-0,07	1,03	5,315	0,021 [*]
	M	884	0,05	0,97		

^a O teste de Levene é significativo ($F(1,1566) = 24,753; p = 0,000$) e, por isso, é usada a correção de Brown-Forsythe. ns - não significativo; * $p < 0,05$; *** $p < 0,001$.

A perspetiva otimista sobre as questões ambientais (otimismo ambiental) entre os alunos do 10.º ano que não frequentam a disciplina de Biologia e Geologia apresenta a média inferior; o valor da média aumenta nos alunos do 10.º ano e do 11.º ano que frequentam. A diferença entre médias é estatisticamente significativa entre os jovens do 10.º ano que não frequentam a disciplina de Biologia e Geologia e os do 11.º ano que frequentam essa disciplina (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias, desvios-padrão e ANOVA das variáveis de literacia científica em função do ano de escolaridade.

Importância da literacia científica	Ano	N	Média	DP	F	p	Post hoc
ILC_CAA Consciência dos assuntos ambientais	11.º ano	563	0,13	0,91	27,643 ^a	0,000 ^{***}	10 s/ < 10 c/, p = 0,000 10 s/ < 11, p = 0,000
	10.º ano com BioGeo	585	0,11	0,91			
	10.º ano sem BioGeo	444	-0,30	1,16			
ILC_OA Otimismo ambiental	11.º ano	557	0,11	0,95	6,310 ^b	0,002 ^{**}	10 s/ < 11, p = 0,002
	10.º ano com BioGeo	578	-0,02	0,99			
	10.º ano sem BioGeo	439	-0,11	1,06			
ILC_IAPC Interesse pelas áreas e processos científicos	11.º ano	556	0,27	0,75	238,136 ^c	0,000 ^{***}	10 s/ < 10 c/, p = 0,000 10 s/ < 11, p = 0,000
	10.º ano com BioGeo	582	0,34	0,83			
	10.º ano sem BioGeo	437	-0,79	1,06			
ILC_IAC Importância atribuída à ciência	11.º ano	563	0,25	0,83	132,996 ^d	0,000 ^{***}	10 s/ < 10 c/, p = 0,000 10 s/ < 11, p = 0,000
	10.º ano com BioGeo	583	0,23	0,77			
	10.º ano sem BioGeo	427	-0,65	1,19			

O teste de Levene é significativo (^aF (2,1589) = 12,053, p = 0,000; ^bF (2,1589) = 4,818, p = 0,008; ^cF (2,1589) = 42,986, p = 0,000; ^dF (2,1589) = 45,110, p = 0,000) e, por isso, é usada a correção de Brown-Forsythe. ^{**} p < 0,01; ^{***} p < 0,001. BioGeo – Biologia e Geologia.

O interesse pelas áreas e processos científicos é superior nos alunos do 11.º ano e 10.º ano que frequentam a disciplina de Biologia e Geologia relativamente aos do 10.º ano que não frequentam a disciplina. Os alunos do 10.º ano que frequentam a disciplina de Biologia e Geologia não se distinguem, em média, dos seus colegas do 11.º ano. A importância atribuída à ciência pelos alunos do 10.º ano que não frequentam a disciplina de Biologia e Geologia é estatisticamente inferior à que é atribuída pelos seus colegas do 10.º e do 11.º ano que frequentam essa disciplina (Tabela 4).

A consciência dos assuntos ambientais cresce, em média, à medida que a escolaridade dos pais também cresce. Porém, as diferenças observadas não são estatisticamente significativas. Também não têm expressão estatística as diferenças observadas entre as médias na perspetiva otimista sobre as questões ambientais (otimismo ambiental). A importância atribuída à ciência é superior nos filhos de pais com ensino secundário relativamente aos filhos de pais com “outra” habilitação ou com o 2.º ciclo do ensino básico. Os filhos de pais com qualificação académica ao nível do ensino superior ou do ensino secundário apresentam médias estatisticamente superiores, relativamente àqueles cujos pais têm “outra” qualificação, no interesse pelas áreas e processos científicos.

A consciência dos assuntos ambientais é superior nos filhos de mães com formação ao nível do ensino superior relativamente aos seus colegas cujas mães têm como habilitações o 2.º ciclo ou o 3.º ciclo do ensino básico. A perspetiva otimista sobre

as questões ambientais (otimismo ambiental) não varia estatisticamente em função das habilitações da mãe.

O interesse pelas áreas e processos científicos é superior nos filhos de mães com habilitações de nível superior quando comparados com os filhos de mães com 3.º ciclo, 2.º ciclo ou “outra” habilitação. São também os filhos de mães com formação ao nível do ensino superior, aqueles que atribuem mais importância à ciência. A diferença é estatisticamente significativa relativamente aos 3.º e 2.º ciclos do ensino básico.

3.2. Conceito de tempo e de tempo geológico

Feita a análise relativa às conceções dos alunos acerca do conceito de tempo e de tempo geológico verifica-se que não são observadas diferenças estatisticamente significativas no conhecimento em função do sexo (Tabela 5). A idade e o conhecimento apresentam uma correlação de $-0,012$ ($p = 0,644$), ou seja, as duas variáveis não estão estatisticamente relacionadas.

Tabela 5 - Médias, desvios-padrão e ANOVA do conhecimento em função da variável “Sexo”.

	Sexo	N	Média	DP	F	p
Conhecimento	H	697	8,02	2,77	0,330	0,566 ^{ns}
	M	901	8,10	2,61		

ns - não significativo.

A informação sobre o resultado do cruzamento da pontuação obtida relativamente ao conhecimento com a variável ano de escolaridade é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Médias, desvios-padrão e ANOVA do conhecimento em função do ano de escolaridade.

	Ano	N	Média	DP	F	p	Post hoc
Conhecimento	11.º ano	566	9,12	2,45	196,181	0,000 ^{***}	10ºs/ < 10ºc/, p = 0,000 ^{***} 10ºs/ < 11º, p = 0,000 ^{***} 10ºc/ < 11º, p = 0,000 ^{***}
	10.º ano com BioGeo	587	8,47	2,36			
	10.º ano sem BioGeo	451	6,21	2,41			

O teste de Levene não é significativo ($F(2,1601) = 0,013, p = 0,987$). ^{***} $p < 0,001$. BioGeo – Biologia e Geologia.

O 11.º ano obteve a média mais elevada no conhecimento, seguido do 10.º ano que frequenta a disciplina de Biologia e Geologia, sendo a média mais baixa obtida pelos jovens do 10.º ano que não frequentam a disciplina de Biologia e Geologia. A

diferença é estatisticamente significativa (Tabela 6) entre todos os anos em estudo. É observada uma tendência para, à medida que cresce a qualificação acadêmica dos pais, também crescer o conhecimento. A diferença entre médias é estatisticamente significativa. Os testes *post hoc* revelam que os filhos de pais com o 2.º ciclo do ensino básico têm médias estatisticamente inferiores aos seus colegas, filhos de pais com o ensino secundário e com o ensino superior. Também uma maior qualificação acadêmica das mães parece ter um efeito positivo no nível de conhecimento dos filhos. A diferença entre níveis de escolaridade é estatisticamente significativa. As diferenças fazem-se notar sobretudo entre filhos de mães com formação superior e com o ensino secundário, o 3.º ciclo ou o 2.º ciclo do ensino básico.

3.3. Fatores que condicionam a compreensão do conceito de tempo geológico

Para conhecer as concepções acerca dos fatores que condicionam a compreensão do conceito de tempo geológico, os alunos foram confrontados com questões relacionadas com duas categorias: proximidade temporal e grau de abstração.

Como se pode verificar na Tabela 7, há diferenças estatisticamente significativas entre sexos, no que se refere à proximidade temporal. Os sujeitos do sexo feminino expressam maior grau de concordância com a afirmação “O tempo geológico relata acontecimentos cronologicamente muito distantes de mim” (21.3) do que os sujeitos do sexo masculino. Nas respostas sobre a afirmação “O tempo geológico relata fenómenos não presenciados pelo Homem” (21.5) não há diferença estatisticamente significativa entre sexos.

Tabela 7 - Médias, desvios-padrão, mean rank e U de Mann-Whitney da proximidade temporal em função da variável “Sexo”.

Proximidade temporal	Sexo	N	Média	DP	Mean Rank	U Mann Whitney	p
21.3. O tempo geológico relata acontecimentos cronologicamente muito distantes de mim.	H	661	3,25	0,780	722,62	258860,00	0,001**
	M	863	3,37	0,761	793,05		
21.5. O tempo geológico relata fenómenos não presenciados pelo Homem.	H	661	3,21	0,79	759,12	282984.50	0,874 ^{ns}
	M	860	3,20	0,84	762,45		

** $p < 0,01$; ns $p > 0,05$.

A correlação de Spearman entre a idade e os indicadores 21.3 e 21.5 é, respetivamente, $\rho = 0,024$ ($p = 0,354$) e $\rho = 0,034$ ($p = 0,187$). Conclui-se, assim, não estar a idade correlacionada com os indicadores de proximidade temporal.

Relativamente ao grau de abstração, os alunos manifestam uma concordância parcial ou absoluta com as afirmações de que o tempo geológico exige números demasiado grandes (72,8%), que o tempo geológico é um conceito demasiado complexo (69,4%), que o tempo geológico exige muita memorização (69,4%) e que o tempo geológico é apresentado em esquemas muito complexos (58,5%). Estes dados indiciam que os inquiridos reconhecem que a dificuldade de compreensão do tempo geológico se deve às características deste conceito, nomeadamente ao seu grau de abstração.

Não são observadas diferenças estatisticamente significativas entre sexos no que se refere ao grau de abstração e a correlação entre a idade e o grau de abstração é de -0,015 e não é estatisticamente significativa. O grau de abstração é significativamente superior no 10.º ano que frequenta a disciplina de Biologia e Geologia em comparação com o 10.º Ano que não frequenta aquela disciplina (Tabela 8).

Tabela 8 - Médias, desvios-padrão e ANOVA do grau de abstração em função do ano de escolaridade.

Ano		N	Média	DP	F	p	Post hoc
Grau de abstração	11.º ano	548	0,01	0,95	5,928	0,003**	10ºs/ < 10ºc/, $p = 0,003^{**}$
	10.º ano com BioGeo	562	0,09	0,93			
	10.º ano sem BioGeo	404	-0,14	1,13			

O teste de Levene não é significativo ($F(2,1511) = 7,688, p = 0,000$); ** $p < 0,01$; BioGeo – Biologia e Geologia.

Os jovens filhos de pais com formação superior obtiveram uma média significativamente inferior aos seus colegas cujos pais têm o 2.º ciclo do ensino básico. Os sujeitos filhos de mães com formação superior obtêm uma média significativamente inferior aos seus colegas cujas mães têm apenas o 2.º ciclo do ensino básico. Embora, à primeira vista, os resultados encontrados possam parecer estranhos, eles destacam o facto de os jovens filhos de pais com uma qualificação académica mais baixa manifestarem, de forma muito mais vincada, que percecionam as temáticas referidas como muito abstratas.

3.4. Importância do tempo geológico para a promoção do desenvolvimento sustentável

Para diagnosticar a importância que os alunos atribuem ao tempo geológico na promoção do desenvolvimento sustentável, recolheu-se informação relacionada com a relevância do conceito de tempo geológico e a relação entre o conhecimento da História da Terra e o desenvolvimento sustentável. Em termos gerais, podemos considerar que a maioria dos alunos inquiridos reconhece a importância do tempo geológico para a compreensão de fenómenos e mecanismos geológicos.

Por outro lado, a maioria dos alunos discorda em absoluto ou discorda parcialmente que o tempo geológico “permite medir a variação da temperatura diária de uma determinada região” (58,4%) e “permite contabilizar a precipitação de uma determinada região” (57,4%).

Da análise e interpretação dos dados, destaca-se também o facto de haver um grupo considerável de alunos (cerca de 42%) que apresenta algumas dificuldades relativamente à compreensão do conceito de tempo geológico, uma vez que esses alunos, nas suas respostas, consideram que este é importante para compreender fenómenos geográficos, como acontece com a contabilização da precipitação e a variação da temperatura. Estes dados podem estar associados ao facto de a amostra ser constituída por 27,2% de alunos que não têm Biologia e Geologia e que podem não conhecer o conceito de tempo geológico, confundindo-o com a noção de ‘tempo’, relacionada com o clima de uma região. No entanto, não podemos deixar de sublinhar que, mesmo estes alunos, já trabalharam muitas destas questões no ensino básico.

Da correlação entre os três fatores que explicam a importância do tempo geológico para a compreensão dos fenómenos e mecanismos geológicos, a idade não se correlaciona significativamente com nenhum deles (Tabela 9).

Tabela 9 - Correlações entre a importância do tempo geológico para a compreensão dos fenómenos e mecanismos geológicos e a idade.

Importância do tempo geológico	Idade
F1 – O tempo geológico como preditor de acontecimentos naturais.	0,021 ^{ns}
F2 – O tempo geológico como facilitador da compreensão da História da Terra.	0,002 ^{ns}
F3 – Confusão entre tempo geológico e o tempo meteorológico.	-0,013 ^{ns}

ns - não significativo.

No fator 1, o 10.º ano que frequenta a disciplina de Biologia e Geologia obtém uma média estatisticamente inferior ao 10.º ano que não frequenta aquela disciplina. No fator 2, as diferenças são estatisticamente significativas, obtendo os alunos do 11.º ano a média superior, seguidos do 10.º ano que frequenta a disciplina de Biologia e Geologia. A média mais baixa é obtida pelo 10.º ano que não frequenta aquela disciplina. Por fim, no fator 3, tanto o 11.º ano como o 10.º ano que frequenta a disciplina de Biologia e Geologia obtêm médias estatisticamente inferiores ao 10.º ano que não frequenta aquela disciplina.

Relativamente à escolaridade do pai, no fator 1 não são observadas diferenças estatisticamente significativas. No fator 2, os filhos de pais com o ensino secundário obtêm médias estatisticamente superiores aos seus colegas cujos pais têm outras habilitações. No fator 3, são os filhos de pais com o 2.º ciclo que obtêm médias estatisticamente superiores aos seus colegas cujos pais têm formação superior. Apenas no fator 3 as diferenças são estatisticamente significativas, com os filhos de mães com o 2.º ciclo do ensino básico a obterem médias estatisticamente superiores aos filhos de mães com formação superior.

Procurámos, ainda, saber quais as representações dos alunos sobre alguns aspetos relacionados com a transversalidade do conceito de tempo geológico. Verifica-se ainda que uma grande parte dos alunos diz discordar em absoluto ou discordar parcialmente de que o tempo geológico dificulta a compreensão da História da Terra (65,5%), dificulta a compreensão de fenómenos geológicos (por exemplo, a formação e erosão de montanhas) (58,6%) e é dispensável na aprendizagem da Geologia (56,6%). Estes dados indiciam que os inquiridos reconhecem que o conceito tempo geológico facilita a compreensão de fenómenos geológicos, é indispensável na aprendizagem da Geologia e facilita a compreensão da História da Terra.

A transversalidade do tempo geológico é correlacionada com as variáveis demográficas e escolares (sexo, idade, ano de escolaridade e qualificação dos pais). Os sujeitos do sexo masculino obtêm uma média significativamente superior no constructo transversalidade do tempo geológico relativamente aos do sexo feminino. A correlação entre a idade e a transversalidade do tempo geológico é de 0,023 ($p = 0,365$) e não é estatisticamente significativa. As médias na transversalidade do tempo geológico têm a seguinte progressão: 11.º ano < 10.º ano que frequenta a disciplina de Biologia e Geologia < 10.º ano que não frequenta a disciplina de Biologia e Geologia. Todos os pares de comparações são significativos (Tabela 10). As médias vão decrescendo à

medida que aumenta a escolaridade do pai. A diferença entre médias é estatisticamente significativa entre ensino superior e os 2.º e 3.º ciclos do ensino básico, e também entre o ensino secundário e o 2.º ciclo do ensino básico.

Tabela 10 - Médias, desvios-padrão e ANOVA da transversalidade do tempo geológico em função da escolaridade do pai.

		Escolaridade	N	Média	DP	F	p	Post hoc
Transversalidade do tempo geológico	Ensino superior		245	-0,32	0,97	14,022	0,000***	Esup < 2 C, p = 0,000** Esup < 3 C, p = 0,001** Esec < 2 C, p = 0,000**
	Ensino secundário, formação NIII e NIV		348	-0,10	0,99			
	3.º ciclo		344	0,03	0,98			
	2.º ciclo		386	0,25	0,98			
	Outro		110	0,00	0,97			

** p < 0,01; *** p < 0,001.

Também no que diz respeito à escolaridade da mãe, as médias vão decrescendo à medida que aumenta a escolaridade. A diferença entre médias é estatisticamente significativa entre ensino superior e os 2.º e 3.º ciclos, e entre o ensino secundário e os 2.º e 3.º ciclos

3.5. Relação entre tempo geológico e desenvolvimento sustentável

A maioria dos alunos demonstra que tem consciência dos problemas ambientais com que nos debatemos na atualidade e da necessidade de atuar de forma a minimizá-los para promover o desenvolvimento sustentável, com base no conhecimento da História da Terra. É surpreendente, no entanto, o facto de a maioria dos alunos (cerca de 65%) discordar da necessidade de proteger por lei os habitats das espécies ameaçadas (item 22.6). Ficam dúvidas se isso se deve a uma deficiente compreensão da afirmação, a uma descrença relativamente às instituições às quais cabe fazer cumprir as leis, ou a uma outra razão, como, por exemplo, o facto de entenderem que, se as extinções se verificaram no passado, sem a intervenção do ser humano, não adianta fazer leis, porque, sendo as extinções periódicas, são determinadas naturalmente.

A análise e interpretação da informação recolhida permitem-nos concluir que os alunos consideram o conhecimento do tempo geológico importante para a promoção do desenvolvimento sustentável. A maior parte dos alunos aceita que o conhecimento sobre a História da Terra ajuda a fundamentar a necessidade de reciclar os resíduos, de reduzir o desperdício de energia e de alertar para a escassez de recursos.

Dois fatores que explicam a importância do conhecimento da História da Terra na promoção do desenvolvimento sustentável: F1 – Perspetiva ambiental determinista e F2 – Protecionismo ambiental. Cruzados com as variáveis demográficas e escolares, verificamos que os rapazes obtêm uma média significativamente superior à das raparigas, revelando que eles tomam, mais do que elas, os recursos como ilimitados (Tabela 11).

Tabela 11 - Médias, desvios-padrão e ANOVA das variáveis de relação de importância do conhecimento da História da Terra na promoção do desenvolvimento sustentável em função do Sexo.

Importância do conhecimento da História da Terra	Sexo	N	Média	DP	F	p
F1 – Perspetiva ambiental determinista.	H	662	0,19	1,03	42,501	0,000***
	M	859	-0,15	0,95		
F2 – Protecionismo ambiental.	H	662	-0,10	1,06	10,963	0,001**
	M	859	0,07	0,94		

^a O teste de Levene é significativo para F1 ($F(1,1519) = 17,860, p = 0,000$) e, por isso, é usada a correção de Brown-Forsythe. *** $p < 0,01$; ** $p < 0,001$.

No fator 2, que como vimos remete para um conteúdo de certa forma oposto ao primeiro, o resultado inverte-se, sendo as raparigas que obtêm uma média superior, mostrando-se mais recetivas a um controlo da utilização dos recursos naturais ainda que isso possa ter custos no imediato. A idade não se correlaciona com as pontuações obtidas nos fatores, ou seja, ter uma perspetiva mais “liberal” ou mais “protecionista” relativamente à utilização dos recursos naturais é independente da idade do jovem.

O efeito das aprendizagens escolares é bem evidente quando são confrontados os resultados por ano de escolaridade (Tabela 12). No primeiro fator, as médias aumentam dos alunos do 11.º ano para os alunos do 10.º ano que frequentam a disciplina de Biologia e Geologia e para os alunos do 10.º ano que não frequentam esta disciplina. No segundo fator a tendência é inversa: as médias aumentam do 10.º ano que não frequenta a disciplina de Biologia e Geologia para o 10.º ano que frequenta esta disciplina e para o 11.º ano. O impacto positivo da escolaridade tem significado estatístico.

Tabela 12 - Médias, desvios-padrão e ANOVA das variáveis de importância do conhecimento da História da Terra na promoção do desenvolvimento sustentável em função do ano de escolaridade.

Importância do conhecimento	Ano	N	Média	DP	F	p	Post hoc
da História da Terra							
F1 – Perspetiva ambiental determinista.	11.º ano	545	-0,21	0,88	35,399 ^a	0,000 ^{***}	10ºc/ < 10ºs/, p = 0,000 ^{***}
	10.º ano com BioGeo	562	-0,04	0,98			10ºs/ > 11º, p = 0,000 ^{***}
	10.º ano sem BioGeo	420	0,33	1,09			10ºc/ < 11º, p = 0,008 ^{**}
F2 – Protecionismo ambiental.	11.º ano	545	0,14	0,87	33,993 ^b	0,000 ^{***}	10ºs/ < 10ºc/, p = 0,000 ^{***}
	10.º ano com BioGeo	562	0,12	0,86			10ºs/ < 11º, p = 0,000 ^{***}
	10.º ano sem BioGeo	420	-0,35	1,23			

O teste de Levene é significativo (^a $F(2, 1524) = 26,897, p = 0,000$; ^b $F(2, 1524) = 18,118, p = 0,008$) e, por isso, é usada a correção de Brown-Forsythe. ^{**} $p < 0,01$; ^{***} $p < 0,001$. BioGeo – Biologia e Geologia.

A escolaridade do pai também tem um impacto estatisticamente significativo nas respostas dos jovens no fator 1. Da análise das médias constatamos que estas decrescem à medida que a escolaridade do pai aumenta. A diferença entre médias é significativa entre os jovens com pais com formação superior relativamente aos que têm o 2.º ou o 3.º ciclo do ensino básico. Do mesmo modo, na escolaridade da mãe são encontradas diferenças estatisticamente significativas.

De modo a identificar as concepções dos alunos sobre a relação entre tempo geológico e desenvolvimento sustentável procura-se ainda saber a opinião dos alunos acerca da importância do estudo do tempo geológico na resolução dos problemas ambientais. A partir dos resultados podemos concluir que uma grande parte dos alunos reconhece que o conhecimento sobre o funcionamento do planeta gera ação, o que pode ser importante para alterar os comportamentos, com vista à preservação da Terra. Por outro lado, é importante a referência à repetibilidade de fenómenos como fundamento para fazer previsões relativamente à ocorrência de fenómenos como os vulcões, os sismos ou o clima. O passado fornece informação sobre o funcionamento do planeta, tornando-se um foco que ajuda a iluminar o presente e a alterar o pensamento geral, a forma de agir, bem como a abrir novos caminhos para aceder ao conhecimento.

Estes resultados permitem supor que, utilizando esta escala temporal (geológica), é possível tentar compreender o ritmo de formação dos recursos não renováveis (que são limitados) e agir em conformidade com esta realidade (não desperdiçar energia, arranjar formas alternativas de energia e reutilizar), dando resposta à necessidade de encontrar formas criteriosas de gestão dos recursos limitados. Além de ser equacionada a questão de os recursos serem limitados, existe ainda a referência à poluição nas mais variadas formas, que altera severamente o equilíbrio nos vários subsistemas terrestres e que põe em causa a vida na Terra.

Com base na análise e interpretação das respostas, consideramos que há abertura, por parte dos alunos, para aceitar a alteração do comportamento, baseada na compreensão do funcionamento global da Terra, e, assim, minimizar os problemas ambientais que decorrem da ação humana. Para isto, é necessário introduzir algumas alterações ao nível do ensino das ciências, utilizando com mais frequência e critério as atividades práticas exteriores à sala de aula.

Com base numa primeira análise de conteúdo das respostas dadas pelos alunos que dizem que o estudo do tempo geológico não pode ajudar na resolução dos problemas ambientais, emerge o conjunto de cinco categorias que se apresenta na Tabela 13. No mesmo quadro, apresentam-se também os resultados da categorização resultante da análise de conteúdo das respostas dos alunos.

Tabela 13 - Explicações dos alunos para o estudo do conceito de tempo geológico não ajudar a encontrar soluções para os problemas ambientais.

Categorias	Indicadores	n	%
Não permite fazer previsões	Os problemas ambientais são fenómenos recentes e da responsabilidade do Homem	48	17,9
	Os problemas ambientais e as soluções existem e são conhecidos	4	1,5
	O Homem tem que agir porque os problemas ambientais são fenómenos recentes e da sua responsabilidade	21	7,8
	O Homem decide não agir, apesar dos problemas ambientais serem recentes e da sua responsabilidade	4	1,5
	Não permite fazer previsões	32	11,9
Total		109	40,6
Contribui para a sensibilização da ação humana mas não gera a sua ação	Pode ajudar-nos a perceber as consequências dos nossos atos e desleixos	13	4,9
	Contribuem para a compreensão do ritmo de formação e de utilização dos recursos naturais	4	1,5
	Estuda o passado da Terra	23	8,6
Total		40	15,0
É uma medida de tempo	Contagem de grandes quantidades de tempo em milhões de anos (Ma)	5	1,9
	O tempo geológico é só uma escala de tempo que serve para dizer onde ocorreu um dado evento que pode ou não ser presenciado	2	0,7
	Permite situar os acontecimentos, mas não orienta para a ação	9	3,4
	Comparação entre a duração da vida humana e dos processos geológicos	3	1,1
Total		19	7,1
Não sabe		27	10,1
Resposta inválida		73	27,2
Total		268	100

Os alunos que consideram que o tempo geológico não ajuda na resolução dos problemas ambientais dizem, em primeiro lugar, que ele “Não permite fazer previsões” (40,6%), em segundo lugar, que “Contribui para a sensibilização da ação humana mas não gera a sua ação” (15%) e, finalmente, que “É uma medida de tempo” (7,1%).

Com base na análise das respostas dadas, podemos verificar que a explicação referida por uma maior percentagem de alunos diz respeito à impossibilidade de fazer previsões a partir do estudo do tempo geológico. Dentro desta categoria, o indicador que mais se destaca, referido por 17,9% dos alunos, corresponde à formulação “Os problemas ambientais são fenómenos recentes e da responsabilidade do Homem”, como se pode verificar nos exemplos a seguir transcritos.

Em síntese, podemos sistematizar os resultados do seguinte modo.

- a) A importância que os alunos atribuem à literacia científica
 - i) Consciência dos assuntos ambientais é influenciada pela frequência da disciplina de Biologia e Geologia e pela qualificação académica dos pais.
 - ii) O otimismo ambiental é maior nos indivíduos do sexo feminino.
 - iii) O interesse pelas áreas e processos científicos é superior, com significado estatístico, nas alunas
 - iv) A importância atribuída à ciência é superior, com significado estatístico, nas alunas, nos que frequentaram a disciplina de Biologia e Geologia e nos que têm pais com qualificações académicas superiores.
- b) Concepções acerca do conceito de tempo e de tempo geológico
 - i) Existência de tempo independentemente dos instrumentos de medição
 - ii) Não sabem definir tempo geológico
 - iii) Dificuldades nas datações relativas e nas datações isotópicas
 - iv) Desconhecimento do modo como se construiu a escala de tempo geológico
 - v) O conhecimento sobre o tempo geológico é superior, estatisticamente, com a frequência da disciplina de Biologia e Geologia e com a maior qualificação académica dos pais.
 - vi) Os fatores declarados que condicionam a compreensão do conceito de tempo geológico foram: vi.1) proximidade temporal (maior com a frequência da disciplina de Biologia e Geologia – $p < 0,001$; maior com mais qualificação académica dos pais – $p < 0,001$); vi.2) grau de abstração (maior com a frequência da disciplina de Biologia e Geologia – $p < 0,003$; maior com mais qualificação académica dos pais – $p < 0,005$).
- c) Relevância do conceito de tempo geológico na promoção do desenvolvimento sustentável:
 - i) Compreensão de fenómenos e mecanismos geológicos. i.1) O tempo geológico como preditor de acontecimentos naturais (mais expressivo,

estatisticamente, nos alunos sem a frequência da disciplina de Biologia e Geologia); *i.2*) O tempo geológico como facilitador da compreensão da História da Terra (mais expressivo, estatisticamente, nos alunos com a frequência da disciplina de Biologia e Geologia e com pais com maiores qualificações acadêmicas); *i.3*) Confusão entre tempo geológico e o tempo meteorológico (mais expressiva, estatisticamente, nos alunos sem a frequência da disciplina de Biologia e Geologia).

ii) Transversalidade do conceito de tempo geológico, com mais expressão, estatisticamente, no sexo feminino e nos alunos com a frequência da disciplina de Biologia e Geologia e com pais com maiores qualificações acadêmicas.

d) Relação entre o tempo geológico e o desenvolvimento sustentável

i) Perspetiva ambiental determinista, com mais expressão, estatisticamente, no sexo masculino, nos alunos com a frequência da disciplina de Biologia e Geologia e com pais com maiores qualificações acadêmicas.

ii) Protecionismo ambiental, com mais expressão, estatisticamente, no sexo feminino, nos alunos com a frequência da disciplina de Biologia e Geologia e com pais com maiores qualificações acadêmicas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados remetam para a importância da literacia científica na formação dos alunos do ensino secundário, em particular sobre relações entre a compreensão do tempo geológico e o desenvolvimento sustentável. Os alunos consideram conhecer adequadamente os problemas ambientais que lhes são apresentados. A sua consciência dos assuntos ambientais é influenciada pela frequência da disciplina de Biologia e Geologia e pela qualificação académica mais elevada (ao nível do ensino superior) das mães. As raparigas e os alunos do 10º ano sem Biologia e Geologia têm expectativas superiores sobre a possibilidade de os problemas ambientais serem solucionados nos próximos vinte anos. O interesse pelas áreas e processos científicos é superior nos indivíduos do sexo feminino, nos alunos com a disciplina de Biologia e Geologia e nos filhos de pais com qualificação académica ao nível do ensino superior. A importância atribuída à ciência é superior nas raparigas, nos alunos que

frequentam durante mais tempo as aulas de Biologia e Geologia e nos filhos de pais com qualificações académicas superiores.

Relativamente ao conceito de tempo e de tempo geológico conclui-se que grande parte dos alunos apresenta concepções que não correspondem ao que é expectável. Verifica-se que a maioria dos inquiridos manifesta dificuldades ao nível da datação relativa, particularmente nos acontecimentos geológicos mais recentes e nos acontecimentos sociais mais remotos. Do estudo efetuado emergem dois fatores que condicionam a compreensão do tempo geológico: a proximidade temporal e o grau de abstração. Os alunos têm mais facilidade em dar respostas esperadas relativamente a acontecimentos mais fáceis de registar ou com que podem contactar na atualidade.

No que ao reconhecimento da importância do tempo geológico para a compreensão de fenómenos e mecanismos geológicos diz respeito, do estudo efetuado emergem três fatores: *a)* o tempo geológico como preditor de acontecimentos naturais; *b)* o tempo geológico como facilitador da compreensão da História da Terra; e *c)* a confusão entre tempo geológico e o tempo meteorológico. A perspetiva do tempo geológico como vaticinador de acontecimentos naturais é a adotada de modo mais evidente pelos alunos que não frequentam a disciplina de Biologia e Geologia.

O estudo realizado confirma que os alunos reconhecem a importância do conhecimento da História da Terra para a resolução dos problemas ambientais e para a promoção do desenvolvimento sustentável, emergindo dois fatores: perspetiva ambiental determinista e protecionismo ambiental. Os rapazes assumem, mais que as raparigas, uma perspetiva ambiental determinista e consideram os recursos como ilimitados.

Esta análise permite concluir que o conhecimento das concepções dos alunos acerca da importância da literacia científica, dos conceitos de tempo e de tempo geológico, bem como dos fatores que condicionam a sua compreensão, e da importância atribuída ao tempo geológico na aprendizagem da geologia e na promoção do desenvolvimento sustentável contribuem claramente para a formação de cidadãos cientificamente cultos (Martins, 2015).

A promoção da educação para o desenvolvimento sustentável deve assentar numa perspetiva de maior protecionismo do sistema Terra, com menos determinismo e uma maior aposta na capacidade do cidadão em influenciar a resolução dos problemas ambientais, desde a sua ação local, a denúncia às autoridades de ofensas de terceiros ao

equilíbrio dos ecossistemas e a difusão de ideias promotoras da saúde do planeta em que habitamos.

REFERÊNCIAS

- Alho, J., & Lopes, M. (2010). O percurso legal e institucional do ambiente: uma retrospectiva. In R. Fonseca, L. Vasconcelos, J. Alho e M. Lopes, *Ambiente, ciência e cidadãos* (pp. 17- 35). Lisboa: Esfera do Caos.
- Carrol, L. (2010). *As Aventuras de Alice no País das Maravilhas* (Vol. 2). Lisboa: Zero a Oito – Marketing Infantil.
- Catley, K., & Novick, L. (2009). Digging deep: exploring college students' knowledge of macroevolutionary time. *Journal of research in science teaching*, 46(3), 311-332.
- Cervato, C., & Frodeman, R. (2013). A importância do tempo geológico: desdobramentos culturais, educacionais e econômicos. *Terrae Didactica* 10(1), 67-79.
- Coutinho, C. (2011). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática*. Coimbra: Edições Almedina.
- Davies, N. (1996). *Europe: A History*. Oxford: Oxford University Press.
- Diamond, J. (2008). *Colapso. Ascensão e queda das sociedades humanas*. Lisboa: Gradiva.
- Dodick, J. (2012). Supporting students' cognitive understanding of geological time: A needed "revolution". In K. Kastens e C. Manduca (Eds.), *Earth and mind II: a synthesis of research on thinking and learning in the geosciences* (pp. 31-33). Boulder, Colorado: Geological Society of America.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003a). Cognitive factors affecting student understanding of geologic time. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 415-442.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003b). Measuring student understanding of geological time. *Science Education*, 87(5), 708-731.
- Fonseca, R. (2010). O ambiente como ciência nas páginas dos jornais portugueses entre 1976 e 2005: da imprensa "popular" à imprensa de "qualidade". In R. Fonseca, L. Vasconcelos, J. Alho & M. Lopes, *Ambiente, ciência e cidadãos* (pp. 37- 81). Lisboa: Esfera do Caos.
- Gould, S. (1991). *Seta do tempo. Ciclo do tempo – Mito e metáfora na descoberta do tempo geológico*. São Paulo: Companhia das Letras.

- Kamen, H. (2005). *Spain 1469–1714. A Society of Conflict* (3.rd ed.). New York: Pearson/Longman.
- Libarkin, J., Kurdziel, J., & Anderson, S. (2007). College student conceptions of geological time and the disconnect between ordering and scale. *Journal of Geoscience Education*, 55, 413-422.
- Martins, L. (2015). *Contributos da educação em Geociências para o desenvolvimento sustentável: uma abordagem ao tempo geológico* (Tese de doutoramento não publicada). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Moreno, J., Cid, M., & Calonge, A. (2008). Crisis Biológicas: una aproximación al concepto de tiempo. In I. G. Y. M. d. España (Ed.), *Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (Vol. 11, pp. 241-253). Madrid: Cuadernos del Museo Geominero.
- Reeves, H. (2014). *Onde cresce o perigo surge também a salvação*. Lisboa: Gradiva.
- Reeves, H., & Lenoir, F. (2006). *A agonia da Terra*. Lisboa: Gradiva.
- Resnick, I., Atit, K., & Shipley, T. (2012). Teaching geologic events to understand geologic time. In K. Kastens, & C. Manduca (Eds.), *Earth and mind II: a synthesis of research on thinking and learning in the geosciences* (pp. 41-43). Boulder, Colorado: Geological Society of America.
- Rocchia, R. (2001). O limite Cretáceo-Terciário: O regresso do catastrofismo às ciências da vida. In E. Morin (Ed.), *O desafio do Século XXI - Religar os conhecimentos* (pp. 89-99). Lisboa: Instituto Piaget.
- Saul, N. (1983). *A Companion to Medieval England 1066-1485*. Stroud: Tempus Publishing.
- Smith, D. (2003). Five principles for research ethics. *American Psychological Association*, 34(1), 56. Disponível em <http://www.apa.org/monitor/jan03/principles.aspx>
- Trend, R. (2007). Perceção e conceção de "tempo geológico": uma barreira para a aprendizagem das Geociências? In L. Marques, J. Praia e C. Guerra (Eds.), *A história da Geologia na educação científica* (pp. 44-59). Aveiro: Universidade de Aveiro.