

Universidade de Lisboa



**O contributo das atividades investigativas  
nas conceções alternativas relacionadas com a temática  
«As rochas sedimentares  
como arquivos históricos da Terra»  
em alunos de 11º ano**

Susana Dias Mesquita Gomes de Andrade

Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia

Relatório da Prática de Ensino Supervisionada orientado pela

Professora Doutora Cláudia Faria

2022

## AGRADECIMENTOS

---

Gostaria de agradecer à professora Sandra Baptista, por me ter acompanhado durante este ano letivo sempre com grande disponibilidade, boa disposição e amizade. Tornou tudo muito mais fácil com os seus “sem stress”. Obrigada do fundo do coração!

Obrigada também à professora Cláudia Faria, a melhor orientadora possível! A sua forma calma e descontraída de ser, a celeridade (por vezes inacreditável!) de resposta e os seus comentários sempre certos tornaram toda esta experiência, que abordei à partida com algum receio, um prazer.

Obrigada aos “meus” alunos porque nada disto seria possível sem vós, pela vossa disponibilidade em ouvirem uma professora desconhecida e me deixarem fazer parte da vossa vida durante três intensas semanas. Tudo o que me ensinaram já faz parte de mim!

Um agradecimento muito especial ao professor Carlos Marques da Silva, que me acompanhou do ponto de vista científico ao longo de toda a intervenção, antes de mais, pela sua simpatia e acessibilidade, já para não falar de tudo quanto me ensinou. Além de me ter ajudado a desconstruir as minhas próprias conceções alternativas, fez-me gostar ainda mais de paleontologia, tendo-me alertada para as questões da geodiversidade – apesar da minha formação ser originalmente em Biologia, penso que me tornou uma boa embaixadora da Geologia!

Também quero agradecer à professora Carla Kullberg, pela sua disponibilidade e por toda a ajuda que me foi dando, desde junho de 2019, quando pela primeira vez me aconselhou, com toda a boa vontade, sobre este meu, na altura, sonho de ter uma segunda oportunidade profissional. Desde a entrevista fora de horas para ser aceite no mestrado até aos últimos elogios que funcionaram como um agradável “empurrão final”, obrigada por tudo.

Obrigada ao Dr. José Moita do Museu Geológico de Lisboa pela amabilidade com que me recebeu no museu, bem como por todas as conversas e sugestões valiosas.

Agradeço também ao professor Manuel Francisco Pereira e à Dr<sup>a</sup> Natália Rocha por me acolherem no Museu de Geociências do Instituto Superior Técnico e me facultarem o acesso a alguns dos recursos que utilizei no desenvolvimento da atividade “Paleoturismo em Portugal”.

Queria agradecer à professora Sofia Freire, pela sua disponibilidade, simpatia e amizade, por me mostrar na prática o que é isso de ensino centrado no aluno e de aceitar a diferença do outro, por ouvir sempre sem qualquer julgamento ou crítica as minhas ideias e desabafos, por desafiar as minhas crenças, e por me ajudar, com o seu exemplo, a definir o tipo de professora que quero ser.

Agradeço a todos os professores, os bons e os maus, que tive ao longo do meu percurso escolar, pois todos eles me ensinaram algo sobre a professora que quero ser.

A todos os meus colegas, que tornaram toda esta aventura mais interessante e divertida, obrigada e desculpem por ter falado demais, por ter atropelado as vossas ideias e por ter feito as sessões zoom demorarem mais um bocado!

Um obrigada especial a ti, Lara, minha querida colega de estágio, antes de mais pela tua companhia e apoio incondicional, mas também por todas as dicas e esclarecimentos preciosos. Espero que a nossa parceria Biologia/Geologia possa continuar por muito anos!

E, claro, Sónia, minha querida amiga: sem ti tudo teria sido tão mais difícil e agreste! Foste sempre uma presença reconfortante, sempre disponível e amável, mostraste-me o que é ser diplomata e como é bom trabalhar em equipa. Foi uma sorte imensa ter-te encontrado e tenho a certeza de que, mesmo à distância, continuaremos a partilhar esta jornada de sermos professoras!!

E, finalmente, quero agradecer às minhas filhas porque foram elas as melhores professoras do mundo, que me ensinaram a tentar e, se isso não resultar, tentar outra coisa qualquer, as vezes que forem precisas, que me mostraram a importância de valorizar cada pequena conquista que as crianças/jovens vão fazendo no caminho da aprendizagem. A ti, Íris que me ensinaste o que um aluno com dificuldades de aprendizagem sente, que me espicaçaste a curiosidade e a imaginação para experimentar coisas novas, que me fazes ver, em cada aluno, a criança confusa, perdida e a precisar de ajuda que se esconde. A tua persistência face às adversidades foi sempre realmente admirável! Patrícia e Sara, obrigada por me ouvirem por horas intermináveis (sei que não é fácil) e por estarem sempre ao meu lado. Obrigada às três por continuarem a deixar-me fazer parte da vossa vida, vocês são a razão de tudo, a minha inspiração. Adoro-vos!

## RESUMO

---

Todos os alunos, independentemente da sua idade, chegam à escola com as suas próprias ideias sobre o mundo natural e de como este funciona. Quando estas ideias não estão corretas do ponto de vista científico são designadas por concepções alternativas e interferem com o processo de aprendizagem. Como tal, importa identificá-las para poderem ser desconstruídas e os alunos alcançarem uma aprendizagem significativa dos conteúdos lecionados. Este trabalho de investigação procurou detetar as concepções alternativas que alunos de 11º ano apresentavam sobre as rochas sedimentares como arquivos históricos da Terra, mais concretamente sobre os fósseis nelas contidos. Foi utilizado um questionário que abrangia diversos tópicos, nomeadamente o conceito de fóssil, o processo de fossilização e os fósseis como fontes de informação evolutiva, cronológica e paleoambiental, o qual foi preenchido antes e depois da intervenção letiva. Após o primeiro questionário foram detetadas nove concepções alternativas. Entre outras atividades realizadas ao longo da intervenção, foi proposta aos alunos a realização de um trabalho de pesquisa subordinado ao tema “Paleoturismo em Portugal”. Cada grupo tinha como objetivo explorar uma de seis jazidas existentes em Portugal, previamente selecionadas pela sua riqueza fossilífera e importância paleontológica a nível nacional e internacional. A atividade investigativa resultou na criação de uma apresentação digital por parte dos alunos, visando atrair potenciais turistas para as regiões onde se situam as referidas jazidas. Com esta atividade pretendeu-se que os alunos consolidassem as aprendizagens sobre fósseis adquiridas nas aulas anteriores, desenvolvessem competências de pesquisa e seleção de informação relevante, raciocínio, pensamento crítico e criativo, bem como sensibilizá-los para a necessidade de proteger o património geológico nacional, objetivos que parecem ter sido atingidos. No final da intervenção, o questionário foi repetido e todas as nove concepções alternativas se mantiveram, apesar das atividades investigativas realizadas ao longo da leção da unidade. Este resultado, apesar de dececionante, parece ir ao encontro do que tem vindo a ser referido na literatura quanto à natureza estável das concepções alternativas e da dificuldade de as desconstruir sem uma abordagem explícita e direcionada para o efeito.

Palavras-chave: Conceções alternativas; atividades investigativas; fósseis; rochas sedimentares; arquivos históricos; ensino secundário.

## **ABSTRACT**

---

Every student, regardless of their age, comes to school with their own ideas about the natural world and how it works. When these ideas aren't scientifically correct, they are called alternative conceptions, and they disturb the learning process. It is important to identify these conceptions so students can deconstruct them and are able to learn the meaningfully intended contents. This research attempts to identify the alternative conceptions held by 11st grade students about sedimentary rocks viewed as Earth's historic archives, more specifically about the fossils in them. A questionnaire was used to contemplate several topics, namely fossil concept, the fossilization process and fossils as sources of evolutionary, chronological and paleoenvironmental information, that was applied before and after my teaching practice. After the first questionnaire, nine alternative conceptions were detected. Amongst several activities proposed to the students, one of them was a research work entitled "Paleotourism in Portugal". Each group had to explore one of six Portuguese fossil sites, previously selected for national and international fossil richness and paleontological importance. This investigative activity led to the creation of a digital presentation, aimed to attract potential tourists to these fossil sites. This activity aimed to reinforce the concepts previously learned and to develop several skills such as reasoning, critical and creative thinking and ability to research and select relevant information, additionally raising student's awareness towards the importance of protecting the national geologic patrimony. These objectives have all been met. In the end of the teaching practice, the questionnaire was repeated and all nine alternative conceptions remained, irrespective of the investigative activities carried out. This result, although disappointing, is aligned with literature reviews regarding alternative conception's nature, and resistance to change without an explicit and targeted approach to them.

Keywords: Alternative conceptions; investigative activities; fossils; sedimentary rocks; historic archives; secondary school.

## ÍNDICE

---

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>ÍNDICE</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Literacia científica</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. Concepções alternativas</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3. Ensino por investigação</b> .....	<b>6</b>
<b>3. UNIDADE DIDÁTICA</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1. Enquadramento curricular</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2. Enquadramento científico</b> .....	<b>12</b>
3.2.1. Conceito de mineral .....	12
3.2.2. Propriedades dos minerais .....	13
3.2.3. Importância dos minerais .....	16
3.2.4. Minerais e concepções alternativas .....	18
3.2.5. As rochas sedimentares como arquivos históricos .....	18
3.2.6. As rochas sedimentares como fonte de informação cronológica.....	20
3.2.7. As rochas sedimentares como fonte de informação paleoambiental.....	23
3.2.8. Os fósseis como testemunhos da história da Terra .....	26
3.2.8.1. <i>Conceito de fóssil</i> .....	27
3.2.8.2. <i>Os fósseis como portadores de informação cronológica</i> .....	28
3.2.8.3. <i>Os fósseis como portadores de informação paleoambiental</i> .....	28
<b>3.3. Enquadramento didático</b> .....	<b>30</b>
3.3.1. Estratégias de ensino .....	30
3.3.2. Descrição da intervenção letiva .....	35
3.3.3. Avaliação das aprendizagens .....	48
<b>4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS</b> .....	<b>49</b>
<b>4.1. Questões de investigação</b> .....	<b>49</b>

<b>4.2. Instrumentos de recolha de dados</b> .....	<b>50</b>
4.2.1. Observação participante .....	50
4.2.2. Inquérito por questionários .....	51
4.2.3. Análise documental .....	52
<b>4.3. Contexto escolar e caracterização da turma</b> .....	<b>53</b>
<b>4.4. Questões éticas</b> .....	<b>54</b>
<b>5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS</b> .....	<b>56</b>
<b>5.1. Quais as conceções alternativas dos alunos relativamente aos fósseis como testemunhos da história da Terra, antes e após a implementação das atividades?</b> .....	<b>56</b>
<b>5.2. Quais as aprendizagens desenvolvidas pelos alunos sobre os fósseis como testemunhos da história da Terra no decorrer da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”?</b> .....	<b>63</b>
5.2.1 Análise e discussão das nuvens de ideias .....	64
5.2.2. Análise e discussão das tabelas de recolha de informação .....	66
5.2.3. Análise e discussão das apresentações orais .....	67
5.2.4. Análise e discussão do questionário de opinião .....	68
5.2.5. Análise e discussão do teste de avaliação sumativa .....	69
5.2.6. Análise e discussão do questionário de conceções alternativas .....	71
5.2.6.1. <i>Análise das respostas “Tenho a certeza de que a afirmação está certa/errada”</i> .....	71
5.2.6.2. <i>Análise das respostas “Não tenho a certeza se a afirmação está certa ou errada”</i> .....	72
<b>5.3. Quais os conceitos que os alunos sentiram mais dificuldade em aprender no decurso da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal?”</b> .....	<b>74</b>
<b>5.4. Quais as competências desenvolvidas pelos alunos no decurso da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”?</b> .....	<b>78</b>
<b>5.5. Outros resultados obtidos</b> .....	<b>81</b>
<b>6. REFLEXÃO FINAL</b> .....	<b>86</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>92</b>
<b>8. APÊNDICES</b> .....	<b>96</b>
<b>8.1. Planificações aula a aula</b> .....	<b>96</b>
<b>8.2 Questionário de deteção de conceções alternativas</b> .....	<b>108</b>
<b>8.3. Questionário de opinião</b> .....	<b>110</b>

<b>8.4. Tabela de recolha de informação no âmbito do trabalho “Paleoturismo em Portugal.....</b>	<b>113</b>
<b>8.5. Grelha de avaliação das apresentações orais no âmbito do trabalho “Paleoturismo em Portugal .....</b>	<b>114</b>
<b>9. ANEXOS</b>	
<b>9.1 Questões constantes do teste de avaliação sumativa .....</b>	<b>116</b>
<b>9.2. Exemplo de apresentação <i>powerpoint</i> realizada pelos alunos .....</b>	<b>119</b>

## **ÍNDICE DE TABELAS**

---

Tabela 1 – Descrição do plano da intervenção letiva de 18 de fevereiro até 11 de março.

Tabela 2 – Conceções alternativas detetadas.

Tabela 3 – Avaliação das tabelas de recolha de informação realizadas pelos diferentes grupos.

Tabela 4 – Avaliação das apresentações orais realizadas pelos diferentes grupos.

Tabela 5 - Resultados positivos obtidos no grupo III do teste de avaliação sumativa.

Tabela 6 – Resultados do questionário de conceções alternativas, destacando o aumento do número de alunos que responde “Tenho a certeza de que a afirmação está certa/errada” da primeira para a segunda aplicação do mesmo.

Tabela 7 – Resultados do questionário de conceções alternativas, destacando a diminuição do número de alunos que responde “Não tenho a certeza se a afirmação está certa ou errada” da primeira para a segunda aplicação do mesmo.

Tabela 8 – Resultados parciais do questionário de deteção de conceções alternativas que demonstram que algumas das aprendizagens se fizeram no sentido indesejado.

Tabela 9 – Resultados negativos obtidos no grupo III do teste de avaliação sumativa.

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

---

Figura 1 - Nuvem de ideias obtida a partir da palavra “Fósseis” antes da intervenção.

Figura 2 – Nuvem de ideias obtida a partir da palavra “Fósseis” depois da intervenção.

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

---

Gráfico 1 – Aprendizagens realizadas pelos alunos durante a atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”, na opinião dos mesmos.

Gráfico 2 – Dificuldades sentidas pelos alunos.

Gráfico 3 – Competências desenvolvidas pela atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”, na opinião dos alunos.

Gráfico 4 – Contribuição das diferentes aulas lecionadas para a compreensão dos conhecimentos trabalhados, na opinião dos alunos.

Gráfico 5 - Competências desenvolvidas através da atividade de discussão CTSA sobre exploração de recursos minerais e problemas a ela associados, na opinião dos alunos.

Gráfico 6 – Resultados do questionário de opinião relativamente à professora.

## 1. INTRODUÇÃO

---

Desde cedo que o funcionamento da mente é a minha área de eleição. Perceber o que acontece no cérebro é um mistério que desafiou filósofos e cientistas ao longo dos tempos. A minha proposta de investigação nasce desta paixão pela compreensão de como os seres humanos pensam e, agora, nesta fase da minha vida de aspirante a professora, no querer encontrar formas de ensinar os alunos a pensarem melhor, de os ajudar a dar sentido aos conteúdos escolares de forma a realizarem aprendizagens significativas.

Dado que os indivíduos aprendem desde que nascem (e mesmo antes desse momento, no ambiente intrauterino!), através dos seus sentidos, das suas experiências e das socializações a que vão sendo sujeitos, entram na escola já com uma série de ideias acerca do mundo que os rodeia e de como este funciona. Algumas destas ideias estão corretas do ponto de vista científico, outras não, podendo neste caso interferir com o processo de aprendizagem. Estas ideias assumem diferentes nomes na literatura, mas ao longo deste trabalho serão por mim designadas como concepções alternativas.

Portanto, a minha proposta de cariz investigativo centrar-se-á no problema “Qual o contributo das atividades investigativas nas concepções alternativas relacionadas com a temática «As rochas sedimentares como arquivos históricos da Terra» em alunos de 11º ano”.

O relatório está organizado em cinco secções. A primeira inclui o enquadramento teórico da problemática à luz da literatura de referência da área, focando-se na importância da promoção da literacia científica num mundo tecnológico em permanente mudança, na existência e persistência das concepções alternativas que constituem entraves à aprendizagem, bem como no papel que as atividades investigativas podem desempenhar num ensino centrado no aluno, capaz de promover aprendizagens significativas. A segunda secção apresenta a unidade didática, começando por situá-la a nível curricular, passando pelo enquadramento científico e terminando na vertente didática, que inclui a descrição das aulas lecionadas e respetivas reflexões, bem como a justificação das estratégias de ensino e de avaliação selecionadas. A terceira secção descreve a metodologia utilizada, incluindo a caracterização dos participantes do estudo e a descrição dos instrumentos de recolha de dados escolhidos. Na quarta secção apresento os resultados obtidos, tentando dar

respostas às questões de investigação definidas inicialmente. Por fim, na quinta secção é feita uma reflexão global sobre o trabalho de investigação e a minha intervenção didática, centrando-me nas questões que mais me marcaram ao longo do processo.

## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

---

A proposta de investigação enquadra-se numa perspetiva construtivista da aprendizagem, baseada na ideia de que “o conhecimento não pode ser transmitido, mas antes ser construído pela atividade mental dos alunos” (Driver *et al.*, 1994, p.5).

### 2.1. Literacia Científica

Segundo Anderson (2010a), a investigação no ensino das ciências incide, grosso modo, no desenvolvimento da literacia científica, e tem vindo a criar um corpo de conhecimentos e práticas que se creem valiosas na sua promoção em crianças e jovens, quer por lhes permitirem o acesso a carreiras profissionais e comunidades na área das Ciências, quer por lhes permitirem identificar, interpretar, explicar e agir de forma informada em questões relacionadas com o mundo natural e tecnológico.

De acordo com o relatório PISA (IAVE, 2018), literacia científica “é a capacidade de um indivíduo se envolver em questões relacionadas com as ciências e de compreender as ideias científicas como um cidadão reflexivo sendo capaz de explicar fenómenos cientificamente, avaliar e conceber investigações científicas, interpretar dados e evidências cientificamente” (p.32). Os *National Science Education Standards* (1996), explicam em maior detalhe o que se entende por ser uma pessoa literata em ciência. É aquela que ao longo da vida, é capaz de:

- *perguntar, descobrir e responder a questões suscitadas pela sua curiosidade relativamente a experiências do quotidiano;*
- *descrever, explicar e prever fenómenos naturais;*
- *ler e compreender artigos científicos publicados na imprensa e participar em conversas sobre a validade das conclusões neles apresentadas;*
- *identificar aspetos científicos subjacentes a decisões nacionais e locais e expressar posições informadas do ponto de vista científico e tecnológico;*
- *avaliar a qualidade da informação científica disponibilizada em termos da sua origem e métodos utilizados para a gerar;*
- *dar e avaliar argumentos baseados em evidências e retirar conclusões neles fundamentadas”* (p.22).

Ao ensinar ciências interessa encontrar caminhos para facilitar a literacia científica, mas também:

*“garantir que tais aprendizagens se tornarão úteis e utilizáveis no dia-a-dia – não numa perspetiva meramente instrumental, mas sim numa perspetiva de ação – no sentido de contribuírem para o desenvolvimento pessoal e social dos jovens, num contexto de sociedades tecnologicamente desenvolvidas que se querem abertas e democráticas”* (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002, p.140).

Também Baptista (2010) destaca a importância da literacia científica nas sociedades modernas, na medida em que “é uma exigência da própria democracia, pois só desta forma serão dadas aos indivíduos ferramentas suficientes para, por exemplo, compreenderem e seguirem debates científicos e discutirem questões tecnológicas” (p.84).

Contudo, e apesar das intenções e dos esforços conjuntos de investigadores, professores e alunos, os estudos indicam que “as nossas instituições de educação formal não ajudam a maioria dos alunos a aprender ciência com compreensão” (Anderson, 2010a, p.5) e que a maioria dos jovens e dos adultos hoje em dia não possui literacia científica (idem).

## **2.2. Concepções Alternativas**

Com base no que foi exposto, interessa perceber porque tal acontece. As diversas correntes no ensino das ciências apresentam argumentos explicativos para o insucesso destas aprendizagens e possíveis estratégias de resolução. A corrente da mudança conceitual é a que tem mais longa história e mais influência na comunidade científica da especialidade, tendo sido capaz de justificar o porquê de os alunos não conseguirem aprender o que tentamos ensinar-lhes: “porque chegam à escola com concepções alternativas que moldam as suas perceções e interpretações e que não são tidas em conta pela ciência ensinada na escola” (Anderson, 2010a, p.12). Esta resposta tem a vantagem de apontar um caminho de ação ao professor: “identifique as concepções alternativas e aborde-as explicitamente enquanto ensina” (idem).

O que são então concepções alternativas? Ao longo das últimas três décadas, muitos têm sido os investigadores que as têm estudado, adotando diferentes designações: pré-concepções ou concepções erróneas (Ausubel), teorias ingénuas (Champagne, Gunstone e Klopfer), concepções alternativas (Prosner, Strike, Hewson e Gestzog, bem como Driver, que também usa estruturas alternativas), ciência da criança (Gilbert, Osborne e Fredette), pensamentos intuitivos (Viennot), representações (Astolfi), discriminação (Solomon), pensamento natural (Guidoni) (Chagas, 1986).

As crianças quando ingressam no sistema de ensino não são ardósias em branco (*tabula rasa*), prontas a ser preenchidas com os conhecimentos valorizados pelos currículos escolares. Trazem consigo ideias e interpretações sobre os assuntos lecionados, mesmo sem nunca terem tido nenhum tipo de aprendizagem formal sobre os mesmos (Driver, 2000a). Estas concepções prévias, empregues no dia-a-dia, podem

ou não estar de acordo com os conteúdos lecionados em contexto formal, sendo designadas de concepções alternativas quando não estão alinhadas com as teorias cientificamente aceites. As concepções alternativas são pessoais, estáveis e não necessariamente coerentes. Pessoais porque são fruto de como o aluno interpreta o mundo à sua volta, que depende das suas experiências e da socialização a que foi sujeito em diferentes contextos. Os alunos “constroem os seus próprios significados” (idem, p.2) em função do contexto físico, mental, social e cultural em que estão inseridos.

As concepções alternativas são consideradas estáveis porque são extremamente difíceis de modificar – além de provarem ser úteis em contextos do quotidiano, são constantemente reforçadas por aquilo que o aluno experiencia no dia a dia (Duit, 1993).

Além disso, as concepções alternativas dos alunos podem não constituir um corpo de conhecimentos coerente, já que:

*“a necessidade de coerência e o critério de coerência percebidos por um aluno não são os mesmos que os de um cientista: o aluno não tem um qualquer modelo único a ligar uma série de fenómenos que o cientista considera equivalentes. Nem o aluno sente obrigatoriamente a necessidade de ter uma visão coerente, já que as interpretações e previsões ad hoc acerca dos fenómenos naturais parecem funcionar bastante bem na prática.”* (Driver, 2000a, p.3).

De facto, a aprendizagem pela experiência parece ser tão poderosa que dispensa até a coerência! Qualquer pessoa que lide com crianças já reparou com que à vontade elas são capazes de usar argumentos contraditórios para explicar o mesmo fenómeno, como saltam de uma explicação e a sua contrária e de volta à primeira, sem nenhum problema, quando questionadas por um adulto sobre um qualquer fenómeno natural. (Driver, 2000a).

Assim, a designação alternativa em vez de errónea tem vindo a ser cada vez mais utilizada, já que se considera atualmente que as concepções alternativas servem um propósito e não devem ser eliminadas ou substituídas, como se pretendia anteriormente à luz da designação errónea. Este desenvolvimento tem por base a constatação de que, por um lado, as concepções alternativas são extremamente difíceis de erradicar em contexto de sala de aula, e por outro lado, na eventualidade de isso acontecer, os alunos podem deixar de conseguir comunicar eficazmente com, ou até compreender, outras pessoas em contextos quotidianos exteriores à escola (Duit, 1993). Prevalece então a

ideia de que ambas as concepções, alternativas e científicas, devem de certa forma coexistir e que:

*“os alunos têm de aprender que as suas concepções [alternativas] podem ser bastante valiosas em certas situações e em contextos quotidianos, mas que, noutros contextos, as concepções científicas são as únicas que proporcionam uma compreensão útil, passível de resultar numa ação proveitosa”* (idem, p.14).

Mesmo assumindo que os dois conjuntos de concepções podem coexistir, é necessário que os alunos adquiram as concepções científicas e para tal é necessário que se apercebam das incorreções, incongruências ou lapsos presentes nas suas concepções alternativas. Torna-se, portanto, imprescindível para o professor identificar as concepções alternativas dos alunos, para as desconstruir e, assim, poder ajudar os alunos a (re)construir as concepções cientificamente aceites.

### **2.3. Ensino por Investigação**

É neste contexto que as atividades investigativas podem ser úteis. De facto, a abordagem indutiva que as caracteriza “dá mais espaço à observação, experimentação e construção, orientada pelo professor, do conhecimento por parte do aluno” (Rocard, 2007, p.10). Baptista (2010) enaltece as suas potencialidades, afirmando que “[n]o início do novo milénio, o ensino por investigação pode ser encarado como facilitador da promoção da literacia científica, do desenvolvimento de competências e das relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente” (p.84).

O ensino por investigação é uma abordagem centrada em criar oportunidades para que os alunos compreendam, não só, os conceitos científicos, mas também a natureza da própria ciência, de como esta se constrói, de como sabemos o que sabemos sobre ciência hoje em dia (NRC, 1996). Transposto para a prática em sala de aula, inclui “a resolução de problemas, a planificação e a implementação de experiências, a procura de padrões em conjuntos de dados, a realização de observações e inferências, o questionamento, a pesquisa e a testagem de hipóteses (Galvão, Faria, Gonçalves, & Baptista, 2016, p.5). O ensino por investigação “reflete o modo como os cientistas trabalham e fazem ciência” (Freire, 2009, p.105). Também Cachapuz, Praia e Jorge (2002) referem que, ao colocar o aluno no centro do processo investigativo, o ensino por investigação está a “ajudar o aluno a familiarizar-se com as características do *trabalho científico*”, isto é, está a:

*“ajudar o aluno a compreender os percursos da construção do conhecimento científico, bem como das sua múltiplas facetas (...) em que a voz da ciência é*

*uma, entre as diversas vozes da sociedade, porventura a melhor adaptada para lidar com determinado tipo de situações” (p.144).*

Este colocar os alunos a fazer ciência, fá-los aprender ciência e sobre ciência. Assim, ao desenvolverem a sua capacidade de se questionarem, de procurar respostas, de formular explicações baseadas em evidências e de as relacionar com o conhecimento científico, bem como de comunicar de forma fundamentada aquilo que aprenderam (Freire, 2009), os alunos adquirem conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais característicos da ciência.

É importante que os alunos compreendam que existem vários métodos de investigação, que variam consoante os objetivos pretendidos e a área científica em causa, que a ciência é um processo dinâmico que nunca está completo e que, apesar do rigor que caracteriza o trabalho científico, a imaginação e a criatividade estão também e sempre envolvidas. De facto, Osborne e Dillon (2010) afirmam que “desenvolver explicações científicas requer que o cientista use o conhecimento conceptual que possui para imaginar um mundo diferente” (p.28). Todas estas noções podem ajudar a combater o desinteresse crescente dos alunos pelas ciências (Rocard, 2007) nos países desenvolvidos e fazer desaparecer a ideia do cientista como “homem, caucasiano, solitário que trabalha em isolamento à espera do momento de «descoberta», à procura da verdade científica” (Osborne & Dillon, 2010, p.45). Convém dar a conhecer aos alunos quem são os verdadeiros cientistas, o que fazem e porque o fazem. De facto, o ensino por investigação provou a sua eficácia na promoção do interesse pela ciência e nos níveis de desempenho de alunos e alunas, mostrando-se eficaz tanto para alunos mais fracos, como alunos dotados, sem comprometer o foco na excelência (Rocard, 2007), objetivos que devem estar sempre presentes na mente de um professor de ciências.

As atividades investigativas, que incluem algumas das atividades que irei explorar ao longo da prática letiva, nomeadamente, a pesquisa, o questionamento, a discussão e o *brainstorming* (nuvens de ideias), são também importantes para os alunos explorarem as suas conceções alternativas ou erróneas do ponto de vista científico, pois constituem oportunidades de estes pensarem por si próprios, analisarem essas conceções e discutirem ideias científicas (Evagorou & Dillon, 2010).

Segundo Anderson (2010b), o ensino por investigação (*inquiry learning*) baseia-se em quatro ideias principais:

- a aprendizagem não é algo que se impõe ao aluno, é ele que constrói ativamente os seus significados (o que põe de lado a ideia do aluno passivo, recetor de conhecimentos, e o professor ativo como transmissor de conhecimentos);
- estas construções dependem das conceções pré-existentes que o aluno leva consigo para a sala de aula e que estas podem ser modificadas;
- as aprendizagens que o aluno faz dependem dos contextos onde ocorrem e quanto mais variados estes forem, mais ricas serão estas aprendizagens;
- os significados são socialmente construídos, por isso as aprendizagens são facilitadas pela interação com os outros.

A natureza construtivista destes princípios faz com que se perceba a aplicabilidade desta abordagem no campo das conceções alternativas, nomeadamente, como estratégia para as identificar e desconstruir.

O trabalho de investigação incidirá sobre o contributo das atividades investigativas na promoção das aprendizagens a lecionar, nomeadamente a importância das rochas sedimentares e seus conteúdos paleontológicos como fontes de informação cronológica e paleoambiental (entre outras), bem como no seu impacto sobre eventuais conceções alternativas existentes nestas matérias.

O trabalho de pesquisa que os alunos irão realizar parece responder à necessidade de ajudar os alunos a “transformar a informação em conhecimento, uma diferença nem sempre reconhecível pelos alunos” (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002, p.143), já que “é essencial que os estudantes saibam encontrar, organizar e gerir a informação que está disponível através da Internet” (Freire, 2009, p.106). Esta estratégia de ensino permite que os alunos escolham os aspetos que querem investigar com mais detalhe, responsabilizando-os pela própria aprendizagem. Além disso, as atividades investigativas permitem que os alunos desenvolvam uma “compreensão abrangente dos conceitos, o raciocínio crítico e o desenvolvimento de competências na resolução de problemas” (idem, p.105). Isto é, os alunos, ao atribuírem significados aos dados recolhidos e criando a partir deles explicações científicas, estão, no fundo, a aprender a pensar. Nas palavras de Freire (2009), “[a] aprendizagem de ciência através da investigação constitui um imperativo nas sociedades modernas de modo a ajudar os alunos a adquirirem as competências que são necessárias à vida e ao mundo do trabalho neste novo milénio” (p.106).

Os professores têm a seu cargo a imensa responsabilidade de preparar os alunos para este mundo futuro desconhecido. Convencidos de que continuará a ser um mundo

em permanente e rápida mudança, diversos autores têm-se debruçado sobre a identificação das competências necessárias para o sucesso no século XXI.

Bybee (2009) define cinco competências-chave: adaptabilidade, competências sociais complexas, capacidade de resolução de problemas, auto-gestão/auto-aperfeiçoamento e pensamento integrado. A adaptabilidade prende-se com a capacidade (e vontade) de responder às exigências do mundo moderno em termos de lidar com o stress e a incerteza, abraçar a novidade e a mudança nas condições de trabalho, o que implica que os alunos estejam abertos a aprender novas funções, novas tecnologias e procedimentos ao longo da vida. Em termos de competências sociais, interessa que os alunos sejam capazes de processar e interpretar informação, selecionando palavras e imagens apropriadas para construir um entendimento partilhado. Inteligência emocional, persuasão e negociação são capacidades a desenvolver nos alunos. A resolução de problemas implica que o aluno seja capaz de analisar um vasto leque de informações, reconhecer padrões, selecionar a informação importante para diagnosticar um problema, refletir e mobilizar os conhecimentos que possui para encontrar uma estratégia para resolver esse mesmo problema. Implica criatividade para pensar em soluções inovadoras, capacidade de integrar informação aparentemente não relacionada e entrever possibilidades que outros podem não ver. A auto-gestão/auto-aperfeiçoamento diz respeito à capacidade de trabalhar autonomamente, de se manter informado e atualizado, de se autorregular e de se manter motivado. O pensamento integrado inclui a capacidade de compreender como determinado sistema funciona como um todo, de adotar uma perspetiva holística quando se aborda um problema, se fazem avaliações ou se tomam decisões. Implica pensamento crítico e capacidade de raciocínio abstrato.

Binkley et al. (2012) definem dez competências essenciais para o século XXI e organizam-nas em quatro grupos: formas de pensar (em que destacam a criatividade e inovação; pensamento crítico, resolução de problemas e tomada de decisões; aprender a aprender, metacognição), formas de trabalhar (incluindo as capacidades de comunicação e colaboração/trabalho de equipa), instrumentos de trabalho (literacia informática; literacia em novas tecnologia) e formas de viver no mundo (cidadania, local e global; vida e carreira; responsabilidade pessoal e social, incluindo cuidado e competência). Acrescentam que estas competências devem ser vistas como linhas orientadoras e que os professores devem fazer adaptações em função dos seus próprios contextos, de acordo com as suas necessidades e as dos seus alunos.

Independentemente dos autores, em traços gerais, as competências que devemos trabalhar com os nossos alunos vão no sentido de lhes conferir uma maior autonomia, adaptabilidade, criatividade, capacidade de raciocínio e de resolução de problemas, pensamento crítico e capacidade de trabalhar em equipa.

Portanto, há uma série de competências que são transversais aos currículos das diversas disciplinas e que estão espelhadas nos próprios documentos curriculares portugueses, nomeadamente no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Ministério da Educação, 2017), “competências que as crianças e os jovens devem adquirir como ferramentas indispensáveis para o exercício de uma cidadania plena, ativa e criativa na sociedade da informação e do conhecimento em que estamos inseridos” (idem, p.10). E ensinar ciências através de atividades investigativas tem um enorme potencial para estimular todas estas competências...

### **3. UNIDADE DIDÁTICA**

---

#### **3.1 Enquadramento curricular**

A proposta está enquadrada na componente de Geologia da disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano de escolaridade, no domínio “Sedimentação e rochas sedimentares”. As temáticas que lecionei relacionam-se com os minerais e a reconstituição do passado da Terra (tempo geológico, princípios do raciocínio geológico, datação das rochas, importância dos fósseis). Segundo o documento referente às aprendizagens essenciais (Ministério de Educação, 2018), no final desta unidade, os alunos devem ser capazes de realizar procedimentos laboratoriais para identificar propriedades de minerais (clivagem, cor, dureza, risca) e sua utilidade prática, aplicar os princípios geológicos, nomeadamente o de horizontalidade, sobreposição, continuidade lateral, identidade paleontológica, interseção e inclusão, bem como explicar a importância dos fósseis em termos cronológicos e paleoambientais.

A proposta colocou os alunos no centro da aprendizagem sempre que possível, dando primazia à realização de atividades práticas e investigativas, no sentido de promover as seguintes áreas de competências delineadas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Ministério da Educação, 2017): raciocínio e resolução de problemas; saber científico, técnico e tecnológico; pensamento crítico e pensamento criativo; relacionamento interpessoal.

A atividade “Paleoturismo em Portugal” foi aquela onde o desenvolvimento das competências acima mencionadas foi monitorizado e avaliado. Assim, a competência de raciocínio e resolução de problemas, bem como a de pensamento crítico, foi desenvolvida ao longo de todo o processo pela necessidade de planear, dividir e discutir tarefas, de fazer pesquisa e selecionar a informação relevante, de gerir eficazmente o tempo e de tomar decisões de acordo com os objetivos do grupo. O pensamento criativo acabou por estar implicado neste processo de encontrar soluções em grupo, mas foi especialmente necessário para a criação do produto final de promoção da jazida fossilífera selecionada. Este produto, além de apelativo, não podia descurar a importância do saber científico. Pelo facto de o trabalho ter sido realizado em grupo, inevitavelmente, colocou em ação as competências sociais, de relacionamento interpessoal, já que dentro do grupo surgiram ideias e opiniões

distintas que tiveram de ser ouvidas e analisadas, antes de tomadas as melhores decisões.

### **3.2 Enquadramento científico**

Nesta secção pretende-se expor os fundamentos científicos que presidiram à intervenção letiva. Foram dois os temas que estiveram à minha responsabilidade: os minerais e as rochas sedimentares como arquivos históricos da Terra. Relativamente ao primeiro tópico explorei o conceito de mineral e suas propriedades, a sua importância na nossa sociedade, os problemas associados à atividade mineira e formas de tornar a exploração dos recursos minerais mais sustentável. Quanto ao segundo tópico, foquei-me no estudo das rochas sedimentares como fontes de informação que permitem aos geólogos conhecer e reconstituir a história da Terra, com particular ênfase na informação cronológica e paleoambiental.

#### **3.2.1. Conceito de mineral**

Os minerais são as unidades estruturais das rochas. Algumas rochas são constituídas maioritariamente por um único mineral, como o calcário ou o sal-gema, constituídos respetivamente por calcite e halite, outras rochas têm vários minerais na sua composição, como por exemplo o granito, que é constituído por quartzo, feldspato e outros minerais acessórios, tal como a biotite ou a moscovite.

Para se definir o conceito de mineral tomaram-se em consideração cinco critérios: ser sólido, natural, inorgânico, cristalino e com composição química definida.

Um mineral apresenta-se sempre no estado físico sólido. Consequentemente, o gelo é considerado um mineral, mas não a água no estado líquido (Klein & Dutrow, 2012).

Um mineral é natural, isto é, forma-se por processos geológicos, sem intervenção humana. Os minerais produzidos em laboratórios de pesquisa ou industriais, de que são exemplo os diamantes sintéticos, utilizados em ferramentas de corte, não são portanto considerados minerais (Klein & Dutrow, 2012).

Um mineral é uma substância inorgânica, isto é, o carbono que entra na composição do mineral tem de ter uma origem inorgânica, por oposição ao carbono de origem orgânica, como é o caso do constituinte dos tecidos animais e vegetais. Por exemplo, o carvão, como se forma a partir de restos de plantas, compostas por carbono

orgânico, não é considerado um mineral. A grafite, constituída por carbono inorgânico, é considerada um mineral. A calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) que constitui as conchas das ostras e de outros organismos marinhos é considerada mineral porque, apesar de ser sintetizada por seres vivos, é constituída por carbono inorgânico (Grotzinger & Jordan, 2014), resultante da dissolução do dióxido de carbono atmosférico na água do mar.

Um mineral é cristalino, isto é, os átomos que o constituem estão organizados num arranjo geométrico tridimensional ordenado que se repete em todas as direções (Klein & Dutrow, 2012). Às substâncias que não possuem uma estrutura cristalina chamamos amorfas, de que são exemplo o vidro vulcânico ou a opala. Nestes casos, os átomos estão dispostos de forma desordenada.

Um mineral apresenta uma composição química definida que pode variar dentro de limites bem definidos (Grotzinger & Jordan, 2014). Portanto, cada mineral é passível de ser representado por uma fórmula química característica (Klein & Dutrow, 2012). Muitos minerais têm estruturas cristalinas que admitem a substituição de uma pequena percentagem dos átomos que os constituem sem alterar as suas propriedades físicas ou químicas. Por exemplo, o ião de estrôncio pode substituir o ião cálcio no carbonato de cálcio que constitui as conchas de animais marinhos, já que tem a mesma carga elétrica (+2) e é apenas ligeiramente maior. Esta possibilidade reveste-se de especial interesse dado que existem dois isótopos de estrôncio estáveis no oceano cujas proporções relativas foram mudando ao longo da história da Terra. Este facto torna possível a datação de fósseis através do estudo do rácio entre estes dois isótopos (Stanley & Luczaj, 2015).

### **3.2.2. Propriedades dos minerais**

A estrutura molecular dos minerais é responsável pelas propriedades físicas e químicas que estes apresentam (Stanley & Luczaj, 2015). Por exemplo, a força das ligações químicas entre os átomos que constituem um mineral determina a sua dureza, a existência de ligações químicas mais fracas em alguns planos marca o seu padrão de clivagem, o peso e o grau de empacotamento dos átomos de um mineral influenciam a sua densidade (Stanley & Luczaj, 2015).

De entre as várias propriedades serão abordadas propriedades óticas, como a cor, a risca e o brilho, propriedades mecânicas, como a dureza relativa, a clivagem e a fratura, e outras propriedades úteis na identificação de minerais, como o magnetismo ou a reatividade a ácidos.

A cor é o resultado da combinação dos comprimentos de onda que chegam aos nossos olhos depois de a luz que incide no mineral ser transmitida, refletida, refratada ou absorvida (Klein & Dutrow, 2012). Tal depende dos elementos químicos que constituem o mineral e da forma como se organizam (Klein & Dutrow, 2012). É a propriedade mais facilmente observável, mas também a menos fiável para identificar os minerais (Grotzinger & Jordan, 2014). Apenas em minerais ditos idiocromáticos é que a cor pode ser usada como propriedade diagnóstica – o enxofre, por exemplo, é sempre amarelo, a azurite é sempre azul (Klein & Dutrow, 2012). Nos outros minerais, ditos alochromáticos, a cor é variável, devido a irregularidades estruturais ou a impurezas na sua composição (Klein & Dutrow, 2012). A safira e o rubi são gemas constituídas pelo mesmo mineral, o corindo, mas com pequenas quantidades de outros constituintes sólidos que lhes dão as cores características – a cor vermelha do rubi é dada pelo crómio, a cor azul da safira pelo ferro e o titânio (Grotzinger & Jordan, 2014).

A risca ou traço é a cor do mineral quando é reduzido a pó numa placa de porcelana não vitrificada (Klein & Dutrow, 2012). Pode ser uma propriedade diagnóstica já que, mesmo no caso de um mineral que apresente variedades com cores diferentes, a cor da risca não varia. É uma propriedade vantajosa para identificar minerais metálicos quando têm cores semelhantes, mas riscas de cores diferentes. Quando a dureza do mineral é superior à da placa de porcelana (à volta de 7), o mineral não se pulveriza na placa, sendo a própria placa a ser reduzida a pó (de cor branca) na zona traçada pelo mineral, deixando de ter interesse a aplicação desta propriedade (Klein & Dutrow, 2012).

O brilho depende da composição e estrutura química do mineral, pois ambas afetam a forma como a luz incidente é refletida pelo mesmo (Grotzinger & Jordan, 2014). Existem diferentes intensidades de brilho, consoante mais ou menos luz é refletida, bem como diferentes tipos de brilho. O brilho pode ser metálico ou não-metálico, podendo este último ser descrito mais especificamente por uma série de adjetivos: adamantino, vítreo, nacarado, ceroso, gorduroso, terroso, entre outros. Apesar de ser um critério bastante utilizado no campo, acaba por ser um pouco subjetivo, pois depende da perceção de cada um à luz refletida (Grotzinger & Jordan, 2014).

As propriedades mecânicas refletem a força das ligações químicas que unem entre si os átomos que constituem o mineral (Klein & Dutrow, 2012). Na prática, a dureza

relativa mede a facilidade com que a superfície de um mineral é riscada (Grotzinger & Jordan, 2014). Normalmente é medida através da escala de Mohs, constituída por 10 minerais ordenados pela sua capacidade crescente de riscar outros minerais. Assim, no extremo inferior da escala, encontra-se o mineral menos duro, o talco, de dureza 1, passando pelo gesso, calcite, fluorite, apatite, ortóclase, quartzo, topázio e corindo, até ao mineral mais duro, de dureza 10, o diamante (Grotzinger & Jordan, 2014). Outros instrumentos, principalmente no campo, podem ser utilizados para se ter uma ideia da dureza, como a própria unha (dureza próxima de 2), um prego de cobre (dureza 3), o aço de um canivete (dureza 5) ou uma placa de porcelana (dureza 7) (Klein & Dutrow, 2012). Por exemplo, se um mineral desconhecido for riscado pelo quartzo, mas não por um canivete, significa que a sua dureza se situa entre 5 e 7 (Grotzinger & Jordan, 2014).

A clivagem é a tendência dos minerais de quebrar ao longo de planos paralelos (Grotzinger & Jordan, 2014). Isto acontece porque as ligações químicas que unem os átomos do mineral são mais fracas numa direção do que noutras (Klein & Dutrow, 2012). Exemplos de minerais que apresentam clivagem bem evidenciada são a grafite e as micas. A clivagem caracteriza-se pela qualidade das superfícies produzidas e facilidade de clivagem, sendo perfeita, como nos exemplos acima mencionados, quando os minerais quebram facilmente produzindo superfícies lisas e brilhantes, passando por boa, regular, má, à medida que, apesar de quebrarem segundo planos de clivagem preferenciais, também fraturam noutras direções, até minerais que não apresentam clivagem de todo (Klein & Dutrow, 2012). A clivagem também se caracteriza pelo número de direções de clivagem, que pode variar de uma até seis, bem como pela orientação dos planos de clivagem. É uma excelente propriedade diagnóstica (Klein & Dutrow, 2012) quando se consegue observar nos exemplares.

Há minerais cujas ligações têm forças idênticas em todas as direções, não tendo uma direção preferencial de quebra. Diz-se desses minerais que apresentam fratura e não clivagem (Klein & Dutrow, 2012). Alguns padrões de fratura são característicos e facilitam a identificação do mineral, como por exemplo a fratura concoidal no caso do quartzo.

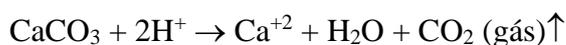
Outras propriedades referidas ao longo das aulas foram o magnetismo, a reatividade aos ácidos e até o sabor.

O magnetismo é a capacidade de um mineral reagir a um campo magnético. Normalmente esta propriedade é testada aproximando um pequeno íman do mineral.

Quando o ímã é atraído pelo mineral considera-se que este possui magnetismo. É o caso da magnetite. Apesar de serem poucos os minerais que possuem esta propriedade, quando presente pode ser diagnóstica (Klein & Dutrow, 2012). Estes minerais são importantes para a geologia, uma vez que a quando da sua formação durante o processo de cristalização, dispõem-se segundo a direção do campo magnético da Terra nesse momento, ajudando os geólogos a reconstituir a história do planeta (Klein & Dutrow, 2012).

O sabor é uma propriedade fácil de testar, apesar de não ser muito aconselhável, já que os exemplares podem estar contaminados (Klein & Dutrow, 2012). Por exemplo, a halite é salgada e a silvite é amarga.

A solubilidade em ácidos é uma propriedade química dos minerais utilizada para testar a presença de minerais carbonatados, como a calcite ou a aragonite. Consiste na colocação de umas gotas de ácido clorídrico diluído sobre o mineral, verificando se há efervescência ou não (Klein & Dutrow, 2012). A efervescência é indicadora de que houve libertação de dióxido de carbono, fruto da reação do ácido clorídrico com os carbonatos presentes na zona afetada, segundo a equação:



Por vezes, a efervescência só ocorre a quente, como no caso da dolomite ou da magnesite (Klein & Dutrow, 2012). Sendo esta opção pouco viável no campo, alternativamente, podemos riscar a superfície do mineral a testar com o canivete ou prego de aço e colocar as gotas de ácido sobre o pó obtido. Este procedimento faz aumentar a superfície de reação, facilitando o teste com o ácido.

Existem muitas outras propriedades que tornam os minerais tão úteis e tão procurados pelos humanos, como por exemplo a condutibilidade elétrica, a fluorescência ou a tenacidade (Klein & Dutrow, 2012).

### **3.2.3. Importância dos minerais**

Os minerais, além de serem os blocos constituintes das rochas que constituem o nosso planeta, são também os alicerces da nossa civilização. É deles que extraímos os metais a que, vulgarmente, chamamos preciosos, como o ouro e a prata, bem como outros, talvez bem mais importantes, como o ferro, o cobre ou o alumínio. Também são minerais as argilas, a cal e o gesso que usamos na construção das nossas casas. Usamo-los como joias ou como maquilhagem cintilante, lavamos a roupa e os dentes com eles (Klein & Dutrow, 2012), escrevemos com grafite e grandes obras de arte

foram pintadas usando as suas cores, as aplicações tecnológicas ou o futuro idealizado das energias limpas não se sustenta sem os minerais donde se extrai o cobalto, os platinídeos ou as terras-raras (Barriga, 2019).

Além da sua importância económica, os minerais também encerram em si informações acerca da história da Terra. Por exemplo, a descoberta na Austrália e posterior análise de grãos de zircão com cerca de 4,4 mil milhões de anos permitiu aos geólogos inferir que já existiam protocontinentes apenas 150 milhões de anos depois da formação da Terra. Outro exemplo de que os minerais nos dão pistas sobre eventos que ocorreram na história da Terra, é o surgimento de minerais ricos em óxidos de ferro há cerca de 2,4 a 1,8 mil milhões de anos, funcionando como indicadores de quando se terá iniciado o processo de oxigenação da atmosfera terrestre (Stanley & Luczaj, 2015).

Os minerais também facultam informação acerca da composição da Terra, bem como dos processos que a moldaram ao longo da sua história. Por exemplo, os primeiros geólogos observaram que após uma erupção, a lava que solidificava rapidamente dava origem a rochas de textura afanítica, em que não se distinguiam cristais, enquanto que em locais onde demorava mais tempo a arrefecer, surgiam alguns cristais. Tal constatação permitiu-lhes começar a relacionar a dimensão dos grãos com o tempo de arrefecimento dos mesmos. Foi ao observar intrusões de granito em rochas sedimentares que James Hutton (1726-1797) verificou, por um lado, que o granito era constituído por cristais interligados (padrão que já se sabia estar associado a um processo de cristalização lenta), por outro lado, que havia diferenças entre os minerais das rochas sedimentares que contactavam diretamente com o granito e os minerais dessas mesmas rochas que não se encontravam em contacto com a intrusão. O geólogo naturalista concluiu que os minerais próximos do granito teriam sido alterados por temperaturas elevadas e que a fonte dessa elevação da temperatura seria o granito. Relacionando estas evidências, Hutton propôs que o granito se formava a partir de material fundido muito quente, que solidificava em profundidade no interior da Terra (Grotzinger & Jordan, 2014).

Portanto, como a composição e a estrutura interna dos minerais refletem as condições em que estes se formam, podemos obter informações sobre onde e como se formou a rocha que os contém (Stanley & Luczaj, 2015).

Às vezes, um mineral por si só pode contar a história, outras vezes é necessário olhar para o conjunto dos minerais presentes na rocha (Stanley & Luczaj, 2015).

### **3.2.4. Minerais e concepções alternativas**

Uma das concepções alternativas relacionadas com o conceito de mineral que ocorre mais frequentemente prende-se com a dificuldade de compreender a natureza cristalina do mineral. Segundo o estudo de Monteiro *et al.* (2012), uma percentagem significativa de alunos está convencida de que os minerais podem ter estrutura amorfa e que nem todos os minerais são cristais. Alguns justificam esta ideia afirmando que para serem cristais “teriam de ter uma forma perfeita delimitada por faces planas” (p.2716), outros porque um cristal tem de ser “brilhante e translúcido” (idem). De facto, na linguagem corrente chamamos cristal a um tipo de vidro de muito boa qualidade, utilizado para fazer jarras, garrafas e frascos elaborados, com entalhes de faces perfeitamente planas. Nas histórias de contos de fadas é frequente haver cristais mágicos, de aspeto cintilante, transparente e de faces geométricas planas. Esta imagem que povoa o nosso imaginário desde crianças contribui para a criação de uma concepção alternativa, que dificulta a aprendizagem na medida em que o conceito científico de cristal entra em conflito com o conceito de senso-comum. É difícil para os alunos aceitarem que a magnetite, um mineral escuro e opaco é um cristal! A dificuldade é compreensível, já que o conceito científico diz respeito à estrutura atómica do mineral, conceito abstrato, “invisível”, e o conceito de senso-comum é observável pelos sentidos. É difícil para o cérebro negar aquilo que os sentidos lhe comunicam...

É importante que o professor tenha estas concepções alternativas em mente quando leciona estes tópicos para, por um lado, não as acentuar através da linguagem que emprega e, por outro lado, para implementar atividades que visem a sua desconstrução.

### **3.2.5. As rochas sedimentares como arquivos históricos**

As rochas sedimentares formam-se por processos que ocorrem à superfície da Terra, cobrindo a maior parte da área exposta do planeta – “ocupam cerca de 75% das terras emersas e a maior parte dos fundos marinhos” (Carvalho, 2021, p.122). Contudo, como são bastante suscetíveis a processos de meteorização (Grotzinger & Jordan, 2014), constituem apenas 5% do volume total da crosta contra os 95% ocupado por rochas magmáticas e metamórficas (Carvalho, 2021).

Desde os primórdios da Humanidade que as rochas sedimentares e os minerais que delas se extraem são importantes como matérias-primas: o barro foi utilizado no fabrico dos primeiros recipientes, o sílex nos primeiros instrumentos de corte. Na

atualidade, as rochas sedimentares e os minerais que as constituem estão presentes no mundo que nos rodeia, seja no chão que pisamos (solos, areia das praias, pavimentos cerâmicos), às casas que habitamos (nas telhas, tijolos, cimento, cal), aos fertilizantes que usamos na agricultura que nos alimenta, passando por tantas outras indústrias, vidreira, farmacêutica, cosmética, química, só para referir algumas, até ao sal, tão importante na antiguidade como conservante e do qual hoje não prescindimos para temperar os pratos que cozinhamos (Carvalho, 2021). Além disso, as rochas sedimentares encontram-se associadas aos metais e aos recursos energéticos (petróleo, gás natural e carvão) que sustentam a nossa sociedade (Grotzinger & Jordan, 2014). O seu valor económico é incalculável, a sua importância para a nossa sobrevivência é óbvia. Não é de estranhar, portanto, que o estudo das rochas sedimentares e dos respetivos processos de formação seja tão relevante, pois é esse conhecimento que permite a localização, exploração e gestão destes recursos valiosos.

Mas o interesse do estudo das rochas sedimentares não fica por aqui... Sendo a geologia uma ciência histórica, as rochas sedimentares são testemunhas da história da Terra, que «trazem consigo, não só as marcas dos seus progenitores, mas também as das condições ambientais em que foram geradas e, muitas delas, ainda, a “data do seu nascimento”» (Carvalho, 2021, p. 111). Contam-nos histórias sobre elevação e arrasamento de montanhas, sobre abertura e fecho de oceanos, sobre mares que avançaram e recuaram desenhando linhas de costa em permanente (mu)dança...

Como John McPhee escreve no seu compêndio *Annals of the Former World*, publicado em 1998 e vencedor do *Pullitzer Prize for General Nonfiction*, sobre o trabalho dos geólogos:

*They look at mud and see mountains, in mountains oceans, in oceans mountains to be. They go up to some rock and figure out a story, another rock, another story, and as the stories compile through time they connect—and long case histories are constructed and written from interpreted patterns of clues. This is detective work on a scale unimaginable to most detectives, with the notable exception of Sherlock Holmes.*  
(citado em Grotzinger & Jordan, 2014, p.7)

As rochas quando afloram à superfície passam a estar sujeitas à ação dos agentes climáticos (chuva, vento, gelo, variações de temperatura), bem como de agentes biológicos (raízes de plantas, líquenes, fungos, bactérias). Estes agentes, ajudados pelo tempo na sua imensidão geológica, causam a alteração das rochas, a que chamamos meteorização, originando sedimentos clásticos (mas não só) passíveis de erosão e

transporte até zonas de acumulação. A estes elementos clásticos de origem mineral, juntam-se outros de origem biológica, como fragmentos de conchas, ossos ou carapaças que também sofreram meteorização física e química. Independentemente da origem dos sedimentos, a sua deposição sucessiva em bacias sedimentares faz com que as camadas mais profundas sejam sujeitas, ao longo do tempo, a um processo de compactação devido ao peso das camadas sobrejacentes. A litificação, isto é, a passagem dos sedimentos a rocha consolidada, prossegue com a cimentação, processo que consiste na precipitação de novos minerais a partir da água percolante rica em substâncias minerais dissolvidas, que vai agregando os sedimentos entre si, dando origem as rochas consolidadas (Grotzinger & Jordan, 2014). Através desta sucessão de acontecimentos formam-se rochas sedimentares detríticas, como as brechas, os arenitos ou os argilitos.

Porém, as rochas que afloram à superfície, ao serem meteorizadas pelos agentes climáticos e biológicos originam, não só, sedimentos clásticos, mas também sedimentos iónicos, isto é, sais minerais fruto da dissolução de componentes da rocha, que são transportados em solução pelas águas de escorrência até às bacias sedimentares. Em certas condições, estas substâncias precipitam, formando rochas sedimentares quimiogénicas, de que são exemplos certos tipos de calcários, como o travertino, e os evaporitos, como o sal-gema e o gesso. Também os seres vivos removem estes compostos iónicos dissolvidos na água para produzirem as suas conchas e outras estruturas biomineralizadas, as quais, depois de sofrerem sedimentação e diagénese, originam rochas sedimentares biogénicas, como alguns tipos de calcários ou o diatomito (Nelson, S.A., 2018).

Independentemente do tipo de sedimentos que constituem as rochas sedimentares, clásticos ou iónicos, todos eles se vão depositando e litificando em camadas horizontais paralelas entre si, por ação da gravidade, conferindo às rochas sedimentares a sua estratificação característica, observável nos afloramentos.

### **3.2.6. As rochas sedimentares como fonte de informação cronológica**

A estratigrafia é a ciência que estabelece a relação entre as rochas e o tempo. Com base na observação, descrição e interpretação das evidências presentes nas rochas, os geólogos fazem inferências sobre o tipo de acontecimentos que ocorreram ao longo da história da Terra, bem como a ordem pela qual sucederam ao longo do tempo, escrevendo assim a história do planeta (Nichols, 2009).

A partir da estratigrafia podemos determinar a idade das rochas sedimentares. A datação obtida através dos princípios estratigráficos é uma datação relativa, isto é, permite-nos dizer que um estrato é mais recente ou mais antigo do que outro, mas não nos permite dizer quantos anos passaram desde a sua formação até hoje, o mesmo é dizer, não nos permite obter uma idade numérica, em anos, desse mesmo estrato (Grotzinger & Jordan, 2014).

A datação numérica utiliza métodos de datação radiométrica, que tiram partido da existência de elementos químicos radioativos instáveis (e dos resultados estáveis do seu decaimento) nos minerais que compõem as rochas, como o par urânio-238/chumbo-206 ou o par carbono-14/azoto-14. Como cada elemento instável decai a um ritmo característico (conhecido) dando origem a um elemento, os geólogos podem calcular a idade das rochas com base na razão entre os isótopos-originais (instáveis) e os isótopos-finais (estáveis) presentes. Porém, como estes métodos de datação radiométrica implicam a existência de minerais contendo isótopos radioativos, que normalmente são de origem ígnea, são de pouca utilidade quando se trata de rochas sedimentares, a não ser que estas contenham intrusões ou inclusões magmáticas, ou estejam posicionadas entre ocorrências magmáticas, por exemplo, vulcânicas. Por outro lado, mesmo que estes clastos ou minerais de origem ígnea sejam encontrados em rochas sedimentares, apenas facultam uma indicação da idade máxima destas rochas sedimentares (Stanley & Luczaj, 2015) ou proporcionam uma “janela” de formação no caso de estarem intercaladas entre formações vulcânicas.

Assim, apesar da datação radiométrica ser um método que permite determinar quantos anos tem uma determinada rocha, existe sempre um grau de incerteza associado à margem de erro do método e às condições dos materiais. Em tratando-se de rochas sedimentares, acresce o grau de incerteza de estarmos a fazer a datação indiretamente, por relação com rochas ígneas. Portanto, por vezes, a datação através da análise dos fósseis é um método mais preciso do que o método radiométrico. Veja-se o caso dos fósseis de graptólitos do Silúrico: estima-se que algumas espécies só viveram durante um ou dois milhões de anos, um grau de incerteza menor do que o normalmente associado às datações radiométricas das rochas deste sistema (Stanley & Luczaj, 2015). De uma forma geral, os fósseis são mais frequentes nas rochas sedimentares do que os elementos radioativos, o que os torna excelentes instrumentos para a datação e interpretação do registo geológico (Stanley & Luczaj, 2015).

O raciocínio geológico está enquadrado pelo princípio do uniformitarismo, que pressupõe que os processos geológicos, físicos, químicos e biológicos que ocorrem atualmente são de natureza idêntica aos que ocorreram no passado, ao longo da história da Terra (Grotzinger & Jordan, 2014). Também conhecido por princípio das causas atuais, este princípio foi enunciado por James Hutton (1726-1797) no final do século XVIII, estando associado à ideia de gradualismo. Por oposição ao catastrofismo proposto por Georges Cuvier (1769-1832), o gradualismo defende que as transformações na Terra resultam principalmente da acumulação de pequenas alterações, lentas e imperceptíveis à escala da vida humana, ao longo de milhares de anos. Estas ideias foram popularizadas por Charles Lyell (1797-1875), apesar de hoje em dia sabermos, com base em evidências contidas no registo geológico, que, por vezes, ocorrem acontecimentos extremos, catastróficos, alguns deles sem paralelo no registo histórico, e que causam alterações globais (Grotzinger & Jordan, 2014; Stanley & Luczaj, 2015). Exemplo de um destes eventos é a queda do meteorito que se pensa ter estado na origem da extinção dos dinossauros não-avianos há cerca de 65 milhões de anos.

Os princípios estratigráficos incluem os princípios da horizontalidade, sobreposição, continuidade lateral, intersecção, inclusão e identidade paleontológica.

O princípio da sobreposição declara que qualquer estrato de uma sequência sedimentar não deformada é mais recente que o estrato que lhe está subjacente e mais antigo que o estrato sobrejacente (Grotzinger & Jordan, 2014). Assim, torna-se possível ordenar cronologicamente os estratos na vertical, sendo o de baixo o mais antigo e o do topo o mais recente. Esta constatação realizada por Nicolaus Steno (1638-1686) no século XVII foi extremamente importante para a geologia, passando a conferir uma dimensão histórica a esta ciência, na medida em que permitiu estabelecer a cronologia dos fenómenos que estudava (Silva, 2020b).

O princípio da horizontalidade afirma que os sedimentos se depositam em camadas horizontais por ação da gravidade. Portanto, a presença de estratos inclinados ou deformados por dobras ou falhas implica que tenham sido sujeitos a forças tectónicas após a deposição e diagénese dos mesmos (Grotzinger & Jordan, 2014).

O princípio de continuidade lateral pressupõe que os estratos se prolongam lateralmente ao longo de uma certa distância. A aplicação deste princípio permite estabelecer correlações entre sequências estratigráficas não contíguas.

O princípio da interseção afirma que toda a estrutura que intersecta outra é mais recente que a rocha intersectada. É particularmente útil em zonas afetadas por falhas ou intrusões magmáticas (Nichols, 2009).

O princípio da inclusão diz que todos os elementos rochosos englobados por outra rocha são necessariamente mais antigos do que esta última. Por exemplo, numa rocha conglomerática permite-nos concluir que cada um dos calhaus é mais antigo que o próprio conglomerado ou que um xenólito contido numa determinada rocha ígnea é mais antigo do que esta (Nichols, 2009).

O princípio da identidade paleontológica (também conhecido como princípio da sucessão faunística ou da sucessão paleontológica) declara que os fósseis dos vários grupos biológicos surgem e desaparecem nas sequências estratigráficas segundo uma determinada ordem (não ao acaso). Com base neste princípio assume-se que os estratos que possuem as mesmas associações de fósseis são da mesma idade (Grotzinger & Jordan, 2014). Este princípio permite correlacionar sequências estratigráficas em qualquer parte do globo, independentemente da geografia ou da litologia, de tal forma que, hoje em dia, a partir da associação fossilífera, é possível posicionar o estrato diretamente na sequência global.

Se pensarmos que cada sequência estratigráfica detém fragmentos de informação geológica, paleontológica e histórica, alguns comuns, outros distintos aos contidos noutras sequências estratigráficas geograficamente próximas, quando correlacionamos todas estas sequências, quais peças de um *puzzle* que se vão encaixando, vamos obtendo um quadro cada vez mais completo da geologia dessa região e da cronologia de eventos que aí sucederam. Relacionando a informação obtida em diferentes regiões, os geólogos vão compreendendo o que aconteceu em áreas geográficas cada vez mais alargadas, até serem capazes de reconstituir a história da Terra. O que se sabe hoje sobre abertura e fecho de oceanos e a união e separação de continentes, por exemplo, é prova desse enorme esforço de investigação de milhares de cientistas ao longo de centenas de anos na resolução de autênticos quebra-cabeças!

### **3.2.7. As rochas sedimentares como fonte de informação paleoambiental**

Como referido anteriormente, as rochas sedimentares que afloram à superfície são meteorizadas em sedimentos, que são erodidos e eventualmente transportados até se depositarem em depressões. Esta deposição, repetida ao longo do tempo, origina o aspeto bandado, estratificado, característico das sequências sedimentares, o qual se deve

a diferenças de cor, dimensão, forma, distribuição, composição química ou mineralógica dos sedimentos que as constituem.

Todas as características que determinam a fácies de determinada rocha sedimentar, sejam elas litológicas, texturais, estruturas sedimentares presentes, conteúdo fóssil, fornecem pistas sobre a forma como os sedimentos que a constituem foram transportados e sobre as condições físicas, químicas e biológicas aquando da sua deposição. Assim, dado que existe uma relação entre a fácies de uma rocha e o ambiente deposicional que lhe deu origem, é sempre possível retirar ilações sobre onde e como determinada rocha sedimentar se formou (Nichols, 2009).

Assim, e apesar de existirem inúmeros ambientes deposicionais diferentes, cada qual fruto de uma combinação única de diversos fatores, por uma questão de conveniência, durante a intervenção, os ambientes deposicionais foram classificados genericamente em ambientes continentais, ambientes de transição e ambientes marinhos (Grotzinger & Jordan, 2014).

Os ambientes deposicionais continentais são muito variáveis, desde ambientes lacustres, aluviais, glaciais ou desérticos. Estas diferenças ocorrem principalmente devido à disparidade de regimes pluviais e de temperatura. Os ambientes de transição incluem todos os que se encontram na interface continente-oceano, tais como estuários, deltas, praias, rias, lagunas, rastos de maré. Estes ambientes são condicionados principalmente pela topografia, ondas, correntes e marés. Os ambientes marinhos podem ser classificados pela profundidade das águas, já que esta afeta as correntes a que estes diferentes ambientes estão sujeitos. Assim, é possível distinguir ambientes de plataforma continental, de talude continental e abissais. Os ambientes recifais incluem-se também nesta categoria e dizem respeito às estruturas de carbonato de cálcio construídas por organismos nas plataformas continentais ou em ilhas de origem vulcânica (Grotzinger & Jordan, 2014).

Os ambientes deposicionais determinam não só a estratificação horizontal característica das rochas sedimentares, mas também outras características distintivas dos sedimentos, denominadas estruturas sedimentares. Também estas ajudam a inferir o ambiente deposicional onde se formou determinada rocha sedimentar, nomeadamente em termos de ambiente físico, contexto tectónico, clima, tipo e intensidade dos agentes de transporte ou atividade biológica presentes (Grotzinger & Jordan, 2014).

Entre as estruturas sedimentares existentes debruçar-me-ei sobre as mais comumente referidas aos alunos do secundário, nomeadamente a estratificação

entrecruzada ou oblíqua, as fendas de retração, as marcas de ondulação e as de bioturbação. Estas estruturas servem também como critérios de polaridade, permitindo aos geólogos identificarem o topo ou a base das camadas.

A estratificação entrecruzada ou oblíqua é uma estrutura sedimentar intracamada em que os sedimentos se depositam em ângulo relativamente à horizontal (Nichols, 2009). A estratificação entrecruzada resulta da ação do vento ou da água e reflete a direção destes agentes na altura da deposição (Grotzinger & Jordan, 2014). São frequentes em sedimentos gerados em praias, dunas e margens de rios (Nelson, S.A., 2018).

As fendas de retração ocorrem em locais de deposição de sedimentos finos, ricos em argilas. Evidenciam o alagamento de uma zona, seguida de um período de seca. As fendas surgem porque as argilas se expandem quando estão hidratadas e retraem à medida que a água existente vai evaporando. Isto é comum em lagos ou lagoas quando o nível das águas baixa e os sedimentos ficam expostos ao ar ou em ambientes áridos após uma chuvada esporádica (Stanley & Luczaj, 2015).

As marcas de ondulação são típicas de ambientes de transição, em locais sob a ação de águas pouco profundas ou do vento. Consistem em pequenas cristas de areia ou silte cujo eixo de maior dimensão se dispõe perpendicularmente em relação à direção da corrente ou do vento. O facto das cristas serem simétricas ou assimétricas também permite aos geólogos inferirem sobre o ambiente deposicional: quando as cristas são simétricas é sinal de que a corrente que as formou é uma corrente de vaivém, como a criada pelas ondas numa zona de praia; quando as cristas são assimétricas é indicador de que a corrente que atuou sobre os sedimentos que as constituem é unidirecional (sendo o lado menos íngreme da crista, o lado de onde vem a corrente), como por exemplo, as criadas por um rio sobre os bancos de areia assoreados ao longo do seu trajeto, ou pelo vento sobre as dunas (Grotzinger & Jordan, 2014).

A bioturbação é a perturbação da estrutura característica dos sedimentos por atividade biológica. Apesar de uma pegada poder perturbar os sedimentos, sendo considerada bioturbação, esta é mais frequentemente gerada por organismos aquáticos, como vermes e bivalves, presentes em ambientes de transição ou marinhos pouco profundos, que escavam os fundos, produzindo túneis e galerias (Stanley & Luczaj, 2015). Sendo o aparecimento de bioturbação frequente em rochas sedimentares, a sua ausência em depósitos marinhos pouco profundos pode indicar um ambiente deposicional invulgar, como um fundo marinho anóxico (Nichols, 2009). Através

destas marcas de bioturbação, os geólogos podem inferir o comportamento dos animais que as produziram, bem como o paleoambiente onde viviam, já que a sobrevivência dos organismos depende de fatores ambientais, tais como o hidrodinamismo, a disponibilidade de nutrientes, a temperatura, a salinidade, a turbidez das águas e o tipo de substrato (Grotzinger & Jordan, 2014).

### **3.2.8. Os fósseis como testemunhos da história da Terra**

Os fósseis são objeto de fascínio desde a antiguidade. Alguns foram descobertos em túmulos primitivos, outros fazem parte de lendas e mitos transmitidos de geração em geração, a outros atribuem-se poderes curativos (Doyle, 1996). Os fósseis deram a conhecer organismos de grupos biológicos hoje extintos, provocando a imaginação de miúdos e graúdos e servindo de inspiração a escritores, pintores e cineastas – quem não viu ou ouviu falar da Godzilla ou do Parque Jurássico?

Mas o interesse suscitado pelos fósseis é também de natureza científica. São a prova de que existe vida no nosso planeta desde há 3550 milhões de anos e de que a vida está em constante evolução. Os fósseis são portadores de informação biológica, mas também nos fornecem informação estratigráfica, cronológica, ambiental, ecológica, etológica, química, sedimentológica, diagenética (Doyle, 1996), geográfica (Prothero, 2004), indispensáveis para a reconstituição, página a página, do livro da história da vida na Terra.

Segundo Silva (2009), os fósseis são parte integrante da geodiversidade, sendo *“essencial que os fósseis sejam claramente entendidos como seu elemento integrante e fundamental e como importante elo de ligação, como ponte primordial – ainda que não a única – entre as geociências e as ciências da vida: entre a geodiversidade e a biodiversidade”* (p.78).

Os fósseis têm ainda um papel importante a desempenhar na geoconservação. Por um lado, “o Património Paleontológico, enquanto registo da Vida do passado geológico da Terra, representa a memória biológica remota do Planeta que entendemos dever preservar, para nossa própria fruição científica, educacional e cultural e para transmitir às gerações futuras” (Cachão, 2005, p.15), por outro lado, ao protegerem-se as ocorrências fossilíferas protege-se toda a natureza geológica envolvente (Silva, 2009).

Além de tudo o que foi apontado, os fósseis são excelentes contadores de histórias (pelo menos depois do trabalho aturado dos paleontólogos para os ler e interpretar!).

Quem pode não se deixar cativar pelas histórias de extinções em massa e de radiações evolutivas, de barbatanas que se transformam em patas, de dinossauros com penas e de aves com dentes, de flores que pintaram a Terra de todas as cores, de seres desaparecidos tão bizarros como o *Hallucigenia* ou o *Wiwaxia* (Gould, 1995)?

### **3.2.8.1. Conceito de fóssil**

Fóssil é todo o vestígio orgânico, somático ou de atividade vital, preservado em contexto geológico, em que é possível estabelecer uma relação de identidade inequívoca entre ele e o organismo que o produziu (Silva, 2020a). De salientar que o contexto geológico inclui tanto rochas como sedimentos (Doyle, 1996).

Esta definição subentende outros dois conceitos, o de somatofóssil e o de icnofóssil. Os somatofósseis são fósseis resultantes da preservação de partes do corpo dos seres vivos, biomineralizadas, as mais resistentes à ação mecânica do meio que normalmente perduram depois da morte dos organismos, como ossos, dentes, conchas, carapaças, e fornecem-nos informação acerca da biologia e evolução das espécies. Os icnofósseis dizem respeito a vestígios de atividade biológica tão diversos como pistas de locomoção (rastros, pegadas), gastrólitos ou galerias. Através da interpretação destas marcas é possível inferir o comportamento dos seres que os criaram relativamente aos seus padrões de alimentação, movimentação, repouso, entre outros (Doyle, 1996). Por exemplo, em Canelas, a descoberta de várias concentrações de grupos de trilobites no mesmo estágio de desenvolvimento sugere um comportamento gregário destes animais, possivelmente durante a reprodução ou a muda de carapaças (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2009).

No seguimento da ideia defendida por Silva (2009), de que certos conceitos “porque obsoletos e estéreis ou, por outro lado, porque devido à sua complexidade, são normalmente abordados de forma equívoca e desadequada, deveriam ser abandonados, pelo menos ao nível no Ensino Básico e Secundário” (p.78), não foi dada relevância aos conceitos de “fóssil vivo” e “fóssil de transição”. Porém, apesar de igualmente englobados na ideia anterior, os conceitos de “fóssil de idade” e “fóssil de fácies” foram utilizados e explorados durante as aulas já que são termos empregues no exame nacional que os alunos farão no final do ano letivo.

### **3.2.8.2. Os fósseis como portadores de informação cronológica**

Foi o inglês William Smith (1769-1839), conhecido como o “pai da estratigrafia”, que primeiro reconheceu a importância dos fósseis na datação relativa dos estratos constituintes das sequências sedimentares. Smith foi agrimensor durante a construção de vários grandes canais por toda a Inglaterra para o transporte de carvão desde as minas onde era extraído até às grandes cidades em plena Revolução Industrial. Através das suas incontáveis observações de cortes geológicos realizados durante estas obras, Smith constatou que a sequência estratigráfica exposta se repetia por toda a Inglaterra, não só em termos das formações encontradas como dos fósseis presentes em cada uma delas. Verificou inclusivamente que formações aparentemente idênticas se podiam distinguir pelo seu conteúdo fóssil (Prothero, 2004). Esta constatação de que as formações ocupavam sempre a mesma posição relativa umas às outras e que cada uma delas continha uma determinada associação de fósseis que lhe era característica, esteve na base da enunciação do princípio da identidade paleontológica (Grotzinger & Jordan, 2014) e o nascimento da biostratigrafia, ciência que se dedica à subdivisão das sequências estratigráficas com base no seu conteúdo fóssil (Doyle, 1996). A biostratigrafia permite a datação relativa dos estratos, à semelhança do que acontecia com o princípio da sobreposição, mas acrescenta a possibilidade de se correlacionarem sequências estratigráficas em zonas geograficamente (muito) afastadas, globalmente, sem relação direta umas com as outras, sendo portanto imprescindível para a reconstituição da história da Terra.

Apesar de todos os fósseis fornecerem informação cronológica, uns são bastante mais úteis do que outros. A estes fósseis especiais, que permitem, por si só, a datação dos estratos que os contêm com maior exatidão, chamamos “fósseis de idade”. Um bom fóssil de idade deve ser abundante e facilmente reconhecível (para ser encontrado e identificado na atualidade), deve ter uma distribuição geográfica ampla e independente do tipo de rocha em que ocorre (para se poderem correlacionar formações geograficamente afastadas) e apresentar uma curta distribuição estratigráfica (que corresponde a uma curta duração da espécie, isto é, a uma rápida taxa de evolução) (Doyle, 1996; Silva, 2021a).

### **3.2.8.3. Os fósseis como portadores de informação paleoambiental**

Os fósseis são restos de, ou marcas criadas por, organismos outrora vivos. Para garantir a sua sobrevivência, um ser vivo precisa de interagir permanentemente com o

meio envolvente para manter o seu estado de homeostasia interna. Isto significa que os fatores ambientais, como a luz, temperatura, humidade, salinidade, hidrodinamismo, teor de oxigénio, etc., afetam a sobrevivência, abundância, diversidade e distribuição dos seres vivos (Doyle, 1996). Dependendo da maior ou menor tolerância a estes fatores, os organismos vão ser, respetivamente, menos ou mais seletivos relativamente aos ambientes que colonizam. Havendo condições para a preservação dos vestígios destes organismos no registo geológico, os fósseis por eles produzidos surgirão apenas nos sedimentos correspondentes aos ambientes que outrora ocuparam (Prothero, 2004).

Todos os fósseis contêm informação que permite reconstituir os ambientais em que viveram, mas, à semelhança do que se verifica com os fósseis de idade, uns são mais úteis do que outros. Os “fósseis de fácies” são fósseis de organismos que, em vida, apresentavam limites de tolerância a determinados fatores ambientais restritos (Doyle, 1996), e conseqüentemente ocupavam ambientes circunscritos. Portanto, os seus fósseis, no presente, aparecem sempre associados a uma determinada fácies sedimentar. Por exemplo, sabemos que os recifes de coral são bastante restritos na sua tolerância a vários fatores ambientais, nomeadamente luz, profundidade, salinidade, temperatura e turbidez da água, o que faz com que o seu habitat esteja limitado a ambientes marinhos de águas pouco profundas, quentes e transparentes. Utilizando o princípio do uniformitarismo, quando encontramos fósseis de corais recifais em contexto geológico podemos inferir que, no passado, aquele ambiente foi um ambiente marinho recifal, com as características acima indicadas, o mesmo é dizer que estamos em presença de uma fácies marinha recifal.

Os fósseis de fácies são os que se revestem de maior utilidade para a reconstituição de paleoambientes. Para tal, devem ser abundantes, facilmente reconhecíveis, ter uma distribuição geográfica restrita e facialmente dependente (Silva, 2021b). Por exemplo, os fósseis do braquiópode *Lingula* mantiveram-se praticamente inalterados desde o Câmbrico até aos dias de hoje. Como estes fósseis são bons fósseis de fácies e pouco propícios à mudança evolutiva, quando surgem no registo geológico de um determinado local significa apenas que as condições ambientais passaram a ser propícias ao seu desenvolvimento nesse local, não que subitamente evoluíram naquele momento (Prothero, 2004). Os braquiópodes são indicadores de fácies marinhas pouco profundas. Todos os braquiópodes atuais estão limitados a um substrato firme, águas oxigenadas e níveis de salinidade normais (30-40‰). Contudo, os braquiópodes

lingulídeos toleram salinidades mais baixas, podendo por isso sobreviver em ambientes intertidais de água salobra. Esta vantagem adaptativa fez com que estes organismos se tenham podido fixar no habitat intertidal pouco profundo desde o Paleozóico, tornando-se um indicador deste tipo de ambiente. Os braquiópodes em geral são bons fósseis de fácies pois permitem o mapeamento das linhas de costa, principalmente da linha de maior avanço durante as transgressões. Além disso, como ainda existem representantes vivos, são ótimos para inferir onde e como viviam as formas extintas, bem como os fatores que condicionavam a sua sobrevivência (Doyle, 1996).

### **3.3. Enquadramento didático**

Esta secção começará pela descrição sumária da intervenção letiva, que incluirá breves reflexões sobre as aulas que a constituíram. Em seguida, far-se-á referência às estratégias de ensino utilizadas, bem como as razões por trás dessas escolhas. Por fim, far-se-á alusão ao modo de avaliação das atividades desenvolvidas.

#### **3.3.1. Estratégias de ensino**

Ao longo do mestrado foram inúmeras as vezes que foi referida a situação do crescente desinteresse pelas ciências por parte de crianças e jovens nos países desenvolvidos (Rocard, 2007; Sjøberg & Schreiner, 2010). Uma das razões apontadas para este facto é a forma como as ciências são ensinadas na escola (Rocard, 2007), constatação que acarreta uma responsabilidade acrescida para os professores de ciências: já não basta ensinar os conteúdos aos alunos, é necessário encontrar formas de os motivar – a gostar de ir às aulas, a gostar de ciências, a gostar de pensar, a gostar de procurar soluções para problemas. E isto não é tarefa fácil, muito menos depois de anos de ensino transmissivo, em que o que se exigiu aos alunos é que estivessem quietos e calados para o professor poder “dar a matéria”.

Ainda segundo Rocard (2007), a forma de se conseguir aumentar o interesse pelas ciências é passar da abordagem pedagógica predominantemente dedutiva que se pratica na maioria das salas de aulas para uma metodologia baseada no ensino por investigação.

Com isto em mente, tentei incorporar diversas atividades investigativas na minha intervenção. Estas atividades foram intercaladas com aulas de natureza mais

expositiva. A coexistência destes dois tipos de aulas pareceu-me perfeitamente natural e desejável, já que se complementam, as primeiras despoletando a curiosidade e promovendo o *engage*, desenvolvendo competências como o raciocínio e a capacidade de resolução de problemas, as segundas ajudando à estruturação, síntese e consolidação de conhecimentos. É importante que as estratégias de ensino utilizadas sejam o mais diversificadas possível para irem ao encontro dos diferentes estilos de aprendizagem, necessidades, interesses e motivações dos alunos. Se os professores lecionassem apenas para dois ou três alunos, seria fácil delinear atividades à medida das suas necessidades, porém, com a dimensão real das turmas, a melhor opção é fornecer um “menu equilibrado” de diferentes estratégias para facilitar o processo de ensino e aprendizagem ao maior número possível de alunos (Scaife, 2000, p.84).

A primeira aula lecionada foi uma aula de trabalho prático onde se pretendeu que os alunos identificassem amostras de mão de minerais com recurso a uma chave dicotómica. Existem evidências de que os alunos gostam mais de aulas práticas e as acham mais úteis quando comparadas com outro tipo de atividades (Abrahams & Millar, 2008, p.1946), justificando a escolha desta aula como ponto de partida.

Outra vantagem da utilização das atividades práticas é ajudar os alunos a relacionarem aquilo que observam com os conceitos teóricos, mais abstratos, que aprenderam (Abrahams & Millar, 2008). Neste caso concreto, não explorei esta potencialidade como deveria. Poderia ter usado as propriedades dos minerais para levar os alunos a pensar sobre a composição química dos minerais em causa, a forma como os seus átomos estavam organizados ou a força das ligações entre eles, bem como sobre as possíveis condições de formação.

As duas aulas seguintes centraram-se na discussão de questões relacionadas com a exploração dos recursos minerais e problemas a ela associados. O ponto de partida utilizado foi um vídeo da TED-Ed (*What’s a smartphone made of?*), a partir do qual os alunos, trabalhando a pares, responderam à questão “Quais os principais problemas associados à produção e consumo de bens eletrónicos?”. Além da utilização do vídeo como *engage*, outras fontes de informação foram utilizadas ao longo da aula, nomeadamente, mapas, gráficos e cabeçalhos de notícias, que ajudaram a dinamizar a discussão. Sabendo que os “jornais constituem uma fonte de materiais adequados à discussão de questões sócio-científicas (considerados relevantes e interessantes pelos alunos e pelos cidadãos em geral)” (Reis, 2004, p. 34), reuni alguns cabeçalhos sobre a problemática da exploração de lítio em Portugal, para abordar a necessidade deste

mineral na indústria das energias renováveis, a dependência europeia em termos de recursos minerais, a ética de empurrarmos a exploração mineira para países onde, por falta de legislação e/ou fiscalização, os efeitos nefastos da mineração são muito mais acentuados do que seria nos países desenvolvidos. Escolhi esta atividade porque é importante criar oportunidades para os alunos discutirem assuntos atuais e relevantes que impactam a sua vida, promovendo o “desenvolvimento das competências necessárias à resolução dessas situações problemáticas, e (...) a construção de uma ideia mais humana dos empreendimentos científico e tecnológico” (Reis, 2004, p.39).

A atividade prática “Desenrolar o tempo” (James & Clark, 2006) teve como objetivo principal transmitir aos alunos a imensidão do tempo geológico. Utilizando o rolo de papel higiênico como régua, os alunos foram “desenrolando” o tempo e marcando algumas das divisões do tempo geológico (eras e períodos) e alguns eventos importantes na história da Terra e da vida na Terra. A escala do tempo geológico é de tal ordem gigantesca (a unidade de medida é o milhão de anos) que é muito difícil de ser compreendida pelos seres humanos, cuja escala de tempo de vida se rege pelo ano (1 milhão de vezes menor!). Uma das razões pelas quais usamos atividades práticas no ensino das ciências é porque o fenómeno que pretendemos estudar não é diretamente observável no quotidiano dos alunos (Millar, 2004). Dado que o tempo geológico é um conceito muito abstrato, a utilização da régua (representação externa do tempo geológico) ajuda os alunos a criarem uma representação mental (interna) do conceito de tempo geológico. “Estas representações são instrumentos que ajudam os alunos a estabelecer relações e a raciocinar mais facilmente” (Newton, 2012, p.96). Além disso, as discussões dinamizadas pelo professor através do questionamento, bem como as que surgem espontaneamente entre colegas, acerca das observações efetuadas e do que podem significar são as que tornam as atividades investigativas efetivas (Millar, 2004).

A atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal” consistiu num trabalho de pesquisa por parte dos alunos acerca de algumas das principais jazidas portuguesas. Foi pedido aos alunos que após a recolha de informação criassem um *powerpoint* capaz de captar a atenção de potenciais turistas e que o apresentassem oralmente à turma.

Dado que “uma competência permite enfrentar regular e adequadamente um grupo de tarefas e de situações, apelando a noções, conhecimentos, informações, procedimentos, métodos, técnicas, bem como outras competências mais específicas” (Perrenoud, 2001, p.31), percebe-se a importância do seu desenvolvimento por parte dos alunos. Partindo da ideia de que as “atividades de pesquisa permitem (...)

desenvolver competências úteis para a vida” (Galvão *et al.*, 2006, p.53), a atividade de pesquisa “Paleoturismo em Portugal” teve precisamente esse intuito de desenvolver competências – de pesquisa e seleção de informação relevante, de autonomia, de raciocínio e resolução de problemas, de colaboração e de pensamento crítico e criativo. A importância desta abordagem por competências não é tanto aumentar os conhecimentos que os alunos detêm, mas ensiná-los a mobilizar esses conhecimentos quando necessitam, em situações concretas, práticas. Ao ensinar os alunos a saber pensar, estamos a dar-lhes “ferramentas para dominar a sua vida e compreender o mundo” (Perrenoud, 2001, p.35), preparando-os como cidadãos aptos a enfrentar os desafios do novo século.

O questionamento esteve presente em todas as aulas, desde as mais práticas e centradas no aluno até às mais expositivas. O questionamento é particularmente importante nestas últimas, já que ajuda a dinamizá-las, incentivando os alunos a estar mais atentos ao que o professor está a dizer para poderem responder às suas perguntas, o que não acontece quando o professor opta por um estilo meramente transmissivo (Scaife, 2000). Além disso, o questionamento cria oportunidades para os alunos interagirem com o professor e uns com os outros, trazendo para a sala as suas vivências e experiências, os seus conhecimentos (e eventuais conceções alternativas), bem como os seus interesses e motivações. Essa partilha tem o potencial de promover um bom ambiente em sala de aula e uma boa relação pedagógica, que são também fundamentais para a realização de aprendizagens significativas. Sabe-se que “a aprendizagem é facilitada quando o indivíduo trabalha com prazer e quando os seus esforços são coroados de êxito”, sendo que “o êxito escolar depende tanto dos aspetos intelectuais como dos afetivos” (Neves & Carvalho, 2006, p.202). Portanto, o questionamento é a estratégia ideal para o professor “estabelecer ligações entre os domínios da aprendizagem cognitiva e da afetividade; tornando-se apto (...) para uma escuta ativa da “voz” do aluno” (Amado, 2009, p.83).

As atividades de *brainstorming* são uma forma de despoletar ideias. Além da vantagem óbvia de gerar várias ideias à volta de um tópico, tem vários méritos em termos de interação social, promovendo a aceitação e respeito por diferentes ideias e opiniões, além de encorajar os alunos a assumir riscos na defesa das mesmas. Além disso, a partilha de ideias proporciona oportunidades de aprendizagem a partir dos contributos dos outros. O *brainstorming* pode ainda ajudar os alunos a gerirem melhor a sua vida, inculcando-lhes o hábito de fazerem uma recolha de ideias antes de iniciarem

tarefas que impliquem a escrita ou a resolução de problemas (UNSW, 2016). No contexto particular desta intervenção, a criação da primeira nuvem de ideias foi utilizada como *engage*, para focar a atenção dos alunos num novo tópico da matéria, tendo simultaneamente assumido um carácter exploratório das associações que a palavra fóssil suscitaria. A segunda nuvem de ideias pretendeu registar que alterações (se algumas) surgiriam após a lecionação dos conteúdos específicos. Portanto, neste caso, o *brainstorming* foi utilizado tanto como um instrumento de recolha de dados para o trabalho de investigação, como uma forma lúdica de levar os alunos a pensar sobre fósseis, ativado os seus conhecimentos prévios sobre o tema.

Por fim, a utilização das TIC também desempenhou um papel importante no *engage* e motivação dos alunos ao longo das aulas. A utilização de vídeos ajudou os alunos a visualizar certos fenómenos (Webb, 2004). Por exemplo, a forma como os átomos se organizam numa estrutura cristalina e como essa estrutura condiciona a forma macroscópica dos minerais foi muito mais facilmente apreendida através de animações em vídeo. Na aula de discussão sobre a exploração dos recursos minerais, o vídeo foi uma excelente forma de os alunos aumentarem os seus conhecimentos sobre o tema, fornecendo uma base comum de entendimento entre os alunos e fomentando a discussão que se seguiu. Além destas vantagens, a utilização de vídeos permite um ensino mais eficaz, já que permite ao professor chegar a alunos com diferentes estilos de aprendizagem. De facto, o vídeo é uma ferramenta que favorece, não só os alunos com um estilo de aprendizagem visual, mas também os que possuem um estilo de aprendizagem auditivo (devido ao som e à adição de conteúdos falados) e táctil (através da inclusão de demonstrações) (Cruse, 2007).

A utilização de recursos online promove o interesse e a participação dos alunos relativamente a outro tipo de recursos (Webb, 2004). De facto, durante o trabalho de pesquisa, os alunos utilizaram os sites indicados pela professora, como é natural, mas preferiram recorrer a outros sites quando sentiram a necessidade de explorar mais o tema. O livro “À descoberta dos fósseis em Portugal”, de Manuel Lima, com dezenas de imagens lindíssimas das várias jazidas fossilíferas portuguesas, contendo toda a informação de que os alunos necessitariam para completar o trabalho, não despertou o interesse da maioria.

### 3.3.2. Descrição da intervenção letiva

A unidade lecionada estendeu-se ao longo de três semanas, abrangendo oito aulas de 50 minutos e quatro aulas de 100 minutos (uma delas de turnos), de acordo com o plano que passo a apresentar.

AULA 1 e 2 (Dia 18/2, 6ª feira, 1º turno 9h/11h; 2º turno, 11h10/13h)	
Tema	Conceito de mineral. Distinção entre mineral e rocha. Propriedades dos minerais. Identificação de diferentes minerais.
Atividade a desenvolver	Aula prática de observação de amostras de mão de diferentes minerais e sua classificação com o auxílio de uma chave dicotômica.
AULA 3 e 4 (Dia 21/2, 2ª feira, 8h/9h50)	
Tema	Importância dos minerais na nossa sociedade.
Atividade a desenvolver	Atividade prática de discussão sobre a importância dos minerais num mundo tecnológico (atividade CTSA). Reflexão sobre as questões da exploração de recursos minerais vs sustentabilidade e proteção do meio ambiente a partir de vídeo e gráficos.
AULA 5 (Dia 22/2, 3ª feira, 9h/9h50)	
Tema	Tempo geológico e tabela cronostratigráfica.
Atividade a desenvolver	Atividade prática “desenrolar o tempo” com recurso ao rolo de papel higiénico. Noção de escala cronológica. Marcação no papel das eras e períodos. Identificação de eventos marcantes na história da Terra. Reflexão sobre a imensidão do tempo geológico e sua relação com o tempo histórico.
AULA 6 e 7 (Dias 23 e 24/2, 4ª feira, 12h10/13h, e 5ª feira, 14h30/15h20)	
Tema	Rochas sedimentares como arquivos históricos. Revisão dos princípios estratigráficos. Raciocínio geológico.
Atividade a desenvolver	Questionamento sobre a utilidade das rochas sedimentares, orientando para a questão “Que tipo de informações nos dão as rochas sedimentares?”
AULA 8 e 9 (Dia 28/2, 2ª feira, 8h/9h50)	
Tema	Introdução ao estudo dos fósseis.
Atividade a desenvolver	Realização de nuvem de ideias com a palavra “Fósseis”. Visualização do vídeo “Estudar fósseis? Para quê?” e posterior exploração dos conceitos de fóssil, somatofóssil, icnofóssil; processos de fossilização; fóssil de idade e sua importância na datação; fóssil de fácies e sua importância na reconstituição de paleoambientes”.
AULA 10 e 11 (Dias 2 e 3/3, 4ª feira, 12h10/13h, e 5ª feira, 14h30/15h20)	
Tema	Apresentação da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”. Início da realização do trabalho (em grupo) acerca de algumas das jazidas fossilíferas de maior interesse paleontológico em Portugal.
Atividade a desenvolver	Apresentação do tema do trabalho de grupo e qual o seu interesse. Criação de grupos (6 grupos de 3/2 elementos) e sorteio dos subtemas.

	Realização do trabalho de pesquisa (foram fornecidos sites para pesquisa e uma tabela de exploração, para os alunos preencherem) e criação de um <i>powerpoint</i> para posterior apresentação à turma.
AULA 12 e 13 (Dias 8 e 9/3, 3ª feira, 9h/9h50, e 4ª feira, 12h10/13h)	
Tema	“Paleoturismo em Portugal”.
Atividade a desenvolver	Apresentação oral dos trabalhos de grupo.
AULA 14 (Dia 10/3, 5ª feira, 14h30/15h20)	
Tema	Aplicação prática do raciocínio geológico.
Atividade a desenvolver	Resolução de uma ficha de trabalho
AULA 15 e 16 (Dia 11/3, 6ª feira, 9h/9h50)	
Tema	Conclusão da intervenção
Atividade a desenvolver	Repetição da nuvem de ideias. Repetição do questionário de identificação de conceções alternativas e respetiva correção. Questionário de opinião.

Tabela 1 – Descrição do plano da intervenção letiva de 18 de fevereiro até 11 de março.

As planificações detalhadas de cada uma das aulas encontram-se no Apêndice 8.1.

## AULAS 1 e 2

### Descrição

Nestas duas aulas os alunos trabalharam o conceito de mineral e as suas propriedades físicas e químicas.

A primeira aula foi de natureza teórica, em que os alunos, partindo da visualização de um curto vídeo e através do questionamento, chegaram à ideia de que os minerais são as unidades constituintes das rochas e quais os critérios que presidem ao conceito de mineral, nomeadamente, ser um composto natural, sólido, inorgânico, de estrutura cristalina e composição química definida. Foram também referidas algumas das propriedades físicas e químicas dos minerais que podem ser utilizadas para a sua identificação. Esta aula foi acompanhada por um *powerpoint* e de um vídeo destinado a facilitar a compreensão da estrutura cristalina dos minerais.

A segunda aula foi uma aula prática de observação de amostras de mão de diferentes minerais e respetiva identificação com recurso a uma chave dicotómica. Este instrumento foi sugerido pela professora cooperante, que já a utilizara noutros anos letivos com sucesso. Algumas das propriedades referidas na aula anterior foram mobilizadas pelos alunos para classificarem corretamente os minerais. Os alunos

trabalharam em dois grupos e os minerais observados foram: magnetite, hematite, pirite, aragonite, calcite, halite, moscovite, biotite, olivina e quartzo.

### **Reflexão**

Em termos de conhecimentos foi muito interessante verificar durante o questionamento inicial que os alunos possuíam uma das concepções alternativas identificadas na literatura, nomeadamente a relacionada com o conceito de cristal – para alguns alunos cristal era um sólido de aspeto vítreo, brilhante, de faces planas (conceito de senso-comum) e não um sólido cujos átomos se dispõem de forma ordenada num arranjo tridimensional definido que se repete no espaço (conceito científico). Penso que a minha intervenção pode ter ajudado a clarificar essa concepção alternativa, pelo menos no imediato.

A maior dificuldade que tive nestas aulas foi o questionamento eficaz. De facto, quando me empolgava com a explicação da matéria esquecia-me de fazer pausas para ir questionando os alunos, solicitando a sua intervenção e monitorizando se estavam ou não a acompanhar a matéria – o diálogo pretendido facilmente se tornava num monólogo! A forma que tive de obviar este problema nas aulas seguintes foi colocar na própria apresentação *powerpoint* (que normalmente utilizo para lecionar as aulas) as questões orientadoras. Além disso, senti que era difícil colocar todos os alunos a participar. Quando colocava questões havia sempre dois ou três alunos que se voluntariavam para responder e tornou-se mais fácil deixar que fossem esses alunos a responder do que “obrigar” os alunos que não queriam participar a fazê-lo. Por outro lado, o impedir os alunos de participarem quando querem pode aborrecê-los – houve um aluno nesta situação que ficou bastante zangado, afirmando no questionário de opinião que o que menos gostou nas minhas aulas foi “o facto de não poder falar por saber demais”, o que sucedeu uma vez numa única aula, tendo tido eu o cuidado de explicar a minha atitude como forma de dar oportunidade aos outros alunos de participarem também.

Na segunda aula, tinha sido minha intenção inicial que os alunos preenchessem uma tabela de registo das diferentes propriedades físicas e químicas observadas em cada um dos minerais (ex. risca, dureza, reação ao ácido clorídrico, etc.) antes de se dedicarem à sua identificação, mas por questões de tempo (os alunos teriam 50 minutos para observar, registar e identificar dez minerais), resolvi restringir-me apenas à observação e identificação através da chave dicotómica. Teria sido mais enriquecedor

para aos alunos fazerem o registo das suas observações, já que treinariam não só a sua capacidade descritiva em linguagem científica, como também a sua capacidade de observação e de análise ao selecionarem a informação relevante (discriminadora) fornecida pelo mineral. De facto, muitas das decisões que os alunos tiveram de fazer ao longo do processo de identificação basearam-se em observações de foco bastante limitado, relacionadas com a cor ou o traço, que além de não serem normalmente diagnósticas e portanto pouco utilizadas em trabalho de campo, não sendo transferíveis para outros contextos.

## **AULAS 3 e 4**

### **Descrição**

Enquanto que nas duas primeiras aulas os alunos trabalharam os minerais do ponto de vista conceptual, nomeadamente o que são, como se definem, como se caracterizam, nestas duas aulas foram convidados a pensar noutro tipo de questões que envolvem os minerais: para que servem, como são explorados, a que custo, com que riscos, até quando? A aula foi acompanhada por uma apresentação *powerpoint* e contou com a visualização de um vídeo.

Partindo da questão “Minerais: que aplicações?”, foi realizado no quadro um mapa mental com as contribuições de todos os alunos. Esta atividade teve como principal objetivo consciencializar os alunos de que os minerais estão presentes em tudo o que nos rodeia e de como a nossa sociedade depende deles em múltiplas dimensões.

Em seguida, os alunos assistiram ao vídeo “*What´s a smartphone made of?*”, com a tarefa de fazerem um levantamento dos problemas associados à produção e consumo de bens eletrónicos. Foi-lhes pedido que discutissem, a pares, as respostas encontradas e que tomassem nota das principais ideias. Com base nos diversos contributos, foi posteriormente dinamizada a discussão entre todos, focando aspetos de natureza económica, ambiental, social e ética envolvidos na exploração dos recursos minerais. Foram também utilizados gráficos para ilustrar as questões da dependência económica dos países importadores dos países produtores de certos minerais, bem como da (ins)sustentabilidade dos recursos existentes a manter-se (ou a aumentar, como se prevê) o grau de exploração atual.

Através desta atividade de discussão CTSA, pretendeu-se que os alunos compreendessem a complexidade das questões que envolvem ciência, tecnologia, ambiente e sociedade, as quais se influenciam e determinam mutuamente. Além disso, esta atividade quis sensibilizar os alunos para o facto de que, apesar de não haver soluções simples ou perfeitas, se efetivamente queremos continuar a explorar os recursos minerais que sustentam o nosso modo de vida, há sempre algo que cada um de nós, como consumidor, pode fazer.

O final destas duas aulas terminou com uma nota mais positiva, com a referência a algumas propostas para minimizar os impactos ambientais causados pela atividade mineira (e.g. mineração verde), ou para mitigar o problema da escassez dos recursos minerais (procura de novas fontes de recursos, como o mar profundo, as regiões árticas ou a maiores profundidades em terra, além do desenvolvimento de tecnologias que permitam a exploração nesses locais). A busca de energias alternativas que utilizem outros recursos, preferencialmente mais abundantes e menos poluentes também continua (fusão nuclear, hidrogénio).

### **Reflexão**

Apesar de ter sentido melhorias quanto à técnica do questionamento relativamente à aula anterior, constato que facilmente passo a focar a minha atenção nos alunos que são mais participativos. Tenho de ter atenção a este aspeto, olhando e interagindo com todos os alunos para que todos se sintam incluídos...

Esta foi a aula em que eu me senti melhor como professora, não só porque consegui dinamizar a discussão entre todos, mas principalmente porque consegui pô-los a pensar sobre uma série de questões relacionadas com a exploração dos recursos minerais, as quais têm toda a relevância para a sua vida e para uma tomada de decisões cientificamente informadas. O questionamento foi uma ferramenta fundamental para colocar os alunos a refletirem, a melhorarem a sua capacidade de argumentação, a desenvolverem o pensamento crítico, a verem estas questões complexas que envolvem aspetos económicos, políticos, sociais, ambientais, éticos e, claro está, científicos, de forma integrada e interdependente.

Tive dificuldade em gerir a parte final da aula, já que a discussão (saudável) dinamizada acabou por dar origem a conversas paralelas e cruzadas. Como estávamos muito próximo do toque da saída, o último slide (sobre as propostas para uma exploração dos recursos minerais mais sustentável) já foi falado a correr e acabei por

não conseguir fazer o fecho da aula, onde era minha intenção questionar os alunos sobre como podemos nós, consumidores, assumir um modo de vida mais sustentável. Senti falta desse momento de conclusão. Podia ter lançado a questão e pedido que os alunos a respondessem como TPC, o que teria sido interessante como forma de promover o pensamento crítico.

## **AULA 5**

### **Descrição**

Nesta aula os alunos realizaram uma atividade prática com o intuito de apreenderem a imensidão do tempo geológico quando comparada com o tempo histórico. Na primeira fase da aula, foi projetado um curto vídeo em que o tempo de vida da Terra desde a sua formação até aos dias de hoje foi equiparado a um dia de 24 horas. Foi pedido aos alunos que registassem a que horas é que certos acontecimentos ocorreram (cada fila estava encarregue de um evento em particular).

Em seguida, os alunos realizaram uma atividade prática denominada “Desenrolar o tempo”, que utilizou um rolo de papel higiénico e diferentes cartões coloridos contendo os nomes das diferentes eras e alguns eventos importantes na história da Terra com as respetivas datações. Exemplos de alguns destes acontecimentos marcantes visados foram: o aparecimento das primeiras formas de vida, o aparecimento de seres multicelulares, a explosão da biodiversidade no Câmbrico, a colonização do meio terrestre, a extinção dos dinossauros, o aparecimento da vida humana. Começámos a atividade por definir a escala do tempo: considerando a idade da Terra de aproximadamente 4,5 mil milhões de anos (Ma) e que o rolo de papel higiénico tinha 225 folhas, cada folha passou a representar 20 Ma. O aluno que ficou na ponta da sala com a ponta do rolo que representa o início da formação da Terra, passou o rolo para o colega mais próximo, enquanto iam contando os anos e marcando o papel de 100 em 100 Ma. À medida que o rolo foi passando de mão em mão, os alunos iam procurando os cartões adequados a estabelecerem a cronologia correta dos eventos que marcaram a história da Terra. O objetivo desta atividade foi a tomada de consciência da imensidão do tempo geológico, do tempo que foi necessário correr até as primeiras formas muito simples de vida surgirem, da brevidade da existência da vida humana, enquanto simultaneamente reviam a escala do tempo geológico e a tabela cronostratigráfica. Dado que o tempo geológico era transversal a toda a unidade, esta

aula foi muito importante para rever conceitos e tirar dúvidas relacionadas com a temática.

### **Reflexão**

Enquanto a aula decorria, registando o desinteresse de alguns alunos (onde se contavam os melhores alunos), questionei-me se a atividade não seria demasiado infantil para alunos do 11º ano. Não obstante, houve outros alunos (normalmente mais alheados e menos participativos), que estiveram envolvidos proactivamente na atividade, tomando a iniciativa de colocar os cartões, colocando questões e interagindo comigo e uns com os outros. Apesar da atividade não ter sido um sucesso total, o facto de ter conseguido chegar a uma parcela de alunos, normalmente menos participativos e com mais dificuldades, foi extremamente gratificante! Se esta experiência me mostrou que não é fácil agradar a todos os alunos, também me alertou para a importância de utilizar estratégias de ensino diversificadas de forma a responder aos diferentes estilos de aprendizagem e interesses dos alunos.

## **AULAS 6 e 7**

### **Descrição**

Esta aula teve como objetivo levar os alunos a pensarem nas rochas sedimentares como arquivos da história da Terra, mas também como forma de compreenderem as dinâmicas que moldam o planeta em que vivemos.

A primeira aula foi dedicada à revisão dos princípios estratigráficos lecionados no ano anterior, recorrendo a uma apresentação *powerpoint* e ao questionamento dos alunos. Como eram conteúdos com os quais os alunos já estavam familiarizados fui pedindo aos alunos que explicassem à vez, com a ajuda dos colegas quando necessário, os vários princípios. A aula prosseguiu com a demonstração com alguns exemplos práticos de como a utilização dos princípios estratigráficos permite a datação relativa dos estratos, fornecendo assim informação cronológica.

Na segunda aula continuámos a analisar outros tipos de informação que as rochas sedimentares nos facultam: informação paleoambiental, paleoclimática, paleogeográfica ou referente a acontecimentos “catastróficos”. Esta aula, apesar de natureza expositiva, partiu de exemplos concretos (apoiados por imagens) de diferentes ambientes deposicionais e estruturas sedimentares de forma a promover o

raciocínio geológico nos alunos. Após a observação das imagens correspondentes, os alunos eram convidados a interpretar o que estavam a ver e a realizar inferências, obtendo pistas sobre o que poderia ter acontecido há muitos milhões de anos naquele local, simulando, de forma muito simplificada, o modo de pensar dos geólogos e como eles desvendam, a pouco e pouco, a história da Terra.

### **Reflexão**

A primeira destas duas aulas correu muito bem em termos de participação dos alunos, já que todos, à vez, intervieram. O facto de ser uma aula de revisão (dos princípios estratigráficos) contribuiu para tal. Além disso, consegui ajudar os alunos que não pareciam saber a resposta à primeira, reformulando ou simplificando a pergunta de modo a que a situação não se tornasse constrangedora. Sentí que o ambiente estava calmo e descontraído, houve o estabelecimento de uma boa relação pedagógica, os alunos sentiram-se à vontade para colocarem as suas dúvidas e que tudo isso facilitou as aprendizagens.

A segunda aula já não foi tão participada, uma vez que os conteúdos lecionados eram novos para os alunos. No final, fiquei na dúvida sobre o que terão os alunos retido da aula – falei de imensas coisas, dei imensos exemplos, muitas imagens, queria transmitir-lhes tantas coisas, que talvez tenha ficado tudo um pouco confuso nas suas mentes. Teria sido importante no fim fazer uma síntese das ideias principais, que não consegui fazer por falta de tempo. Esta está a ser a minha maior dificuldade, transversal a toda a intervenção: a falta de tempo! Será que estou a entrar em demasiado pormenor, tentando ensiná-los da forma como aprendi (a nível universitário) e portanto não consigo dar tanta matéria em tão pouco tempo? Será uma questão de mau planeamento? Parece-me que o ensino mais interativo, apelando à participação dos alunos, recorrendo ao questionamento, dando espaço para os alunos colocarem as suas dúvidas, “demora mais tempo” do que o ensino meramente transmissivo, o que pode ser uma das razões pelas quais não estou a conseguir finalizar as aulas como desejaria.

## **AULAS 8 e 9**

### **Descrição**

Estas duas aulas vêm no seguimento das aulas anteriores, agora explorando a informação paleontológica que se pode obter quando se estudam as rochas sedimentares.

Na primeira parte da primeira aula, os alunos criaram uma nuvem de ideias, através da aplicação Mentimeter, a partir da palavra “Fósseis”. O objetivo desta atividade era explorar que tipo de ideias suscitava a palavra, que tipo de ligações fazem os alunos e, eventualmente, detetar alguma conceção alternativa.

Após a visualização do vídeo “Estudar fósseis? Para quê?” foram trabalhados os conceitos de fóssil, somatofóssil e icnofóssil, recorrendo a imagens de exemplos concretos e discutindo os conhecimentos que os alunos já detinham sobre o assunto.

A aula prosseguiu, através do questionamento aos alunos e aproveitando as suas ideias para ir explicando os diferentes processos de fossilização, sempre com recurso a imagens ilustrativas dos mesmos.

O final da aula foi dedicado às histórias que os fósseis contam, isto é, à exploração da ideia de que os fósseis, à semelhança das rochas sedimentares, nos podem fornecer uma série de informações se soubermos procurá-las. Foi dado maior destaque à informação cronológica (datação relativa) e à informação paleoambiental e explorados os conceitos de fóssil de idade e fóssil de fácies, sempre recorrendo a imagens e exemplos concretos.

### **Reflexão**

Estas aulas correram melhor em termos de planeamento, pois consegui cumprir as atividades previstas no tempo estipulado. Como eram aulas expositivas tornou-se mais fácil controlar o tempo. Contudo, o que ganhei em tempo, perdi em interatividade com os alunos, pois teria sido o momento indicado para lhes disponibilizar as amostras de mão para observarem diferentes tipos de fósseis e processos de fossilização. Esta atividade estava prevista no planeamento, mas por falta de tempo foi adiada para quando os grupos estivessem a realizar o trabalho “Paleoturismo em Portugal”.

## **AULAS 10 e 11**

### **Descrição**

Na primeira aula deu-se início à atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal” a ser realizada em grupos, escolhidos pelos próprios alunos. O objetivo do

trabalho foi ajudar a consolidar os conteúdos lecionados nas aulas anteriores e simultaneamente dar a conhecer aos alunos a riqueza paleontológica do nosso país, sensibilizando-os para a necessidade de preservar este património geológico. Foram constituídos seis grupos, cinco deles com três elementos e um grupo apenas com dois. Cada grupo investigou uma de seis jazidas fossilíferas, que tinham sido previamente selecionadas pela sua importância nacional e internacional, representativas das três eras do Fanerozoico – Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico. A distribuição dos temas dos trabalhos foi a seguinte: Grupo 1 – As cruzianas de Penha Garcia; Grupo 2 – As trilobites gigantes de Canelas; Grupo 3 – A floresta tropical da Bacia do Douro; Grupo 4 – As amonites do Cabo Mondego; Grupo 5 – Os dinossauros da Lourinhã; Grupo 6 – Os “Everglades” da região de Lisboa.

A pesquisa de informação foi realizada a partir de sites, previamente selecionados e disponibilizados aos alunos. Esta opção de disponibilizar à partida os sites de pesquisa teve como objetivo tornar a realização do trabalho mais célere, já que o tempo era um fator limitante. Esta indicação não impedia que os alunos realizassem outras pesquisas se assim o desejassem ou sentissem necessidade. A pesquisa foi orientada através do preenchimento de uma tabela. Munidos da informação recolhida, os alunos criaram uma apresentação *powerpoint* com a indicação de que deveria cativar eventuais turistas a visitar as áreas estudadas.

### **Reflexão**

Estas duas aulas suscitaram-me muitas reflexões. Logo ao início, quando tentava explicar como deveriam preencher a tabela, os alunos não me deram atenção, continuando a conversar uns com os outros. Só quando ouviram a frase “a tabela conta para avaliação” é que se calaram e me ouviram! Portanto, os alunos são “movidos a avaliação” (classificativa, claro!). Mesmo a forma de trabalharem é, na maior parte dos casos, focada para os resultados. São máquinas de eficiência! Começaram logo a dividir tarefas, em que cada elemento lia/visualizava apenas uma parte da informação disponibilizada nos diferentes sites fornecidos; alguns grupos pareciam estar a preencher a tabela e a fazer o *powerpoint* em simultâneo (o que não deu necessariamente bom resultado porque os objetivos de ambos eram diferentes). Posteriormente, houve grupos que juntaram a informação e a trabalharam em conjunto, outros continuaram com a divisão, ficando cada elemento responsável por encontrar e registar na tabela determinados tópicos (e posteriormente realizar os slides

correspondentes). Nos grupos que optaram por este último formato, houve pelo menos um em que os diferentes elementos nem sequer falaram uns com os outros durante todo o trabalho, para discutir ideias, ou tirar dúvidas! (não surpreendentemente foi o grupo que teve a nota mais baixa na apresentação oral). Noutro grupo o “bom aluno” fazia o trabalho à sua vontade e o outro elemento olhava e copiava o que o primeiro escrevia; dois dos grupos pareciam estar a trabalhar em conjunto, pelo menos pelo que me pude aperceber, já que é difícil aproximarmo-nos para perceber o que se passa sem interferirmos com a dinâmica do grupo... Porém, mesmo estes grupos que pareciam estar a cooperar, estavam posicionados em linha, ao lado uns dos outros, em vez de optarem por um posicionamento em roda, que facilitaria bastante a interação...

Fiquei bastante frustrada porque o trabalho não correu nada como eu imaginei! Pensei que teria tempo para ir falando aos alunos de aspetos interessantes de cada uma das jazidas à medida que fosse percorrendo os grupos, mas acabou por ser uma corrida contra o tempo só para preencherem a tabela. Também não houve tempo para mostrar os fósseis que a escola dispunha, como era minha intenção, nem para discutir em turma o conceito de geodiversidade e a importância de proteger o património geológico nacional. Senti que foi uma pena ter investido tanto tempo na preparação da atividade e depois não ter tido tempo para explorar todas as suas potencialidades.

Outra questão com que me tenho vindo a debater é o facto de um ensino baseado no desenvolvimento de competências, como resolução de problemas, raciocínio, pensamento crítico e criativo, demora muito mais tempo a implementar do que um ensino expositivo, tempo que é finito e durante o qual se têm de lecionar todos os conteúdos que podem sair no exame nacional. Outra questão que me deixa bastante angustiada como futura professora é a seguinte: será que as competências desenvolvidas quando se “treinam” os alunos a resolver perguntas de exame são as mesmas que preparam os alunos para serem cidadãos reflexivos e críticos, aptos para se adaptarem às mudanças constantes do mundo futuro?

## **AULAS 12 e 13**

### **Descrição**

Nestas duas aulas, os alunos apresentaram oralmente os trabalhos que tinham realizado nas aulas anteriores.

## **Reflexão**

Apesar de os alunos não terem tido o tempo que gostariam de ter tido (e que eu gostaria de ter podido dar) para a realização do trabalho, penso que a maioria cumpriu com o que foi pedido, uns mais criativamente do que outros, o que é normal. Fiquei particularmente feliz pelo facto do grupo dos alunos que normalmente apresenta mais dificuldades ter sido um dos que mais se destacou pela positiva, tendo sido talvez o mais criativo de todos e o que percebeu melhor a mensagem da necessidade de protegermos o nosso património geológico.

Eu gostei muito de assistir aos trabalhos, de os sentir à vontade, comigo e com os conteúdos. Senti dificuldade em utilizar a grelha de avaliação que tinha feito, mesmo tendo levado uma versão simplificada! Também comentar os trabalhos sem ter tempo de ponderar bem no que ia dizer não foi tarefa fácil! Como sou bastante crítica, tenho tendência a focar-me nos aspetos a melhorar, mas penso que é mais importante (e eficaz) motivarmos pela positiva do que pela negativa. Calculo que, com a prática, consiga equilibrar as duas vertentes para conseguir dar um *feedback* o mais construtivo possível.

## **AULA 14**

### **Descrição**

Nesta aula, os alunos receberam uma ficha de trabalho de estrutura semelhante às perguntas de exame: um texto descritivo do contexto geológico acompanhado de uma imagem, com cinco questões de escolha múltipla. Os alunos tiveram algum tempo no início da aula para lerem, por si próprios, o texto e depois procedemos à realização da ficha em conjunto – pedia a um aluno que lesse a questão e a tentasse responder. Quando via que o aluno hesitava, pedia-lhe que pegasse na primeira opção, por exemplo, e analisasse as suas partes constituintes, verificando se havia algo que rejeitasse ou aceitasse à partida; outras vezes perguntava se havia alguma opção que rejeitasse à partida; quando o aluno não dava resposta nenhuma, perguntava se alguém queria ajudar. Esta forma de proceder permitiu-me ter uma maior noção de quem tem dúvidas, em que parte e porquê, sendo mais fácil chegar até aos alunos que estão com mais dificuldades.

## **Reflexão**

Apesar de ter ficado satisfeita com a estratégia escolhida, cheguei ao fim dos 50 minutos sem concluir a ficha, que era bastante pequena... Tem sido uma constante luta entre proporcionar aos alunos aquilo que eu considero oportunidades para realizarem aprendizagens significativas, convidando-os a participarem, a exporem as suas ideias e dúvidas e eu a demorar o tempo que for necessário para as esclarecer, e ao mesmo tempo conseguir cumprir o tempo estipulado para cada aula.

## **AULA 15 e 16**

### **Descrição**

Estas duas aulas serviram para concluir a minha intervenção letiva. Pedi aos alunos que fizessem novamente a nuvem de ideias com a palavra “Fósseis” e que repetissem o questionário de deteção das conceções alternativas. A correção deste questionário serviu também para consolidar os conhecimentos adquiridos e eliminar (espera-se) algumas ideias erradas que os alunos ainda pudessem ter. Por fim, os alunos responderam ao questionário de opinião relativamente às aulas que lecionei e sobre mim, como professora.

### **Reflexão**

O que me chamou mais a atenção nesta aula foi a atitude dos alunos (principalmente dos mais participativos, que são também os que têm melhores notas) durante a correção do questionário sobre conceções alternativas. No que tocou a algumas questões, nomeadamente a referente aos dinossauros não estarem extintos (apenas os dinossauros não-avianos estão extintos) e à datação relativa ser menos rigorosa do que a datação absoluta, os alunos pura e simplesmente não acreditaram em mim! O que parece ir ao encontro do que é referido na literatura relativamente à dificuldade de se eliminarem as conceções alternativas... Relativamente à questão da datação, provavelmente a resolução de um exercício prático bem delineado, em que os alunos pudessem constatar por si próprios que, em certas condições há mais rigor em fazer datações recorrendo aos princípios estratigráficos do que à datação radiométrica (que tem sempre um grau de incerteza associado), ajudá-los-ia a alterar as suas conceções alternativas. De qualquer forma, questiono-me: se fosse a professora cooperante a corrigi-los, a resposta dos alunos seria diferente? Isto é, a negação das

ideias cientificamente corretas por parte dos alunos foi simples resistência à mudança conceitual ou baseou-se no facto de não me reconhecerem autoridade como professora?

### **3.3.3. Avaliação das aprendizagens**

A avaliação é um processo indissociável do processo de ensino. Para mim, ao longo da prática, isso tornou-se muito claro porque senti a necessidade de perceber o que estavam os alunos a aprender comigo a cada aula lecionada. Segundo Fernandes (2022), “a avaliação pedagógica integra uma diversidade de processos que se desenvolvem nas salas de aula e cujo mais fundamental propósito é contribuir para apoiar o desenvolvimento das aprendizagens dos alunos” (p.15).

Assim, utilizei processos informais para perceber o que os alunos estavam a aprender ao longo de toda a minha intervenção, nomeadamente o questionamento, o esclarecimento de dúvidas e a resolução de exercícios em conjunto. Esta avaliação formativa, de natureza interativa, permitiu que os alunos fossem recebendo *feedback* sobre as suas aprendizagens, ao mesmo tempo que me permitia tomar conhecimento das suas dificuldades e conseqüentemente ir ajustando as minhas estratégias de ensino à medida das necessidades percebidas

Em termos de processos formais, os instrumentos utilizados foram as tabelas de recolha de informação e as apresentações orais resultantes do trabalho de pesquisa “Paleoturismo em Portugal”, bem como o grupo de perguntas constantes do teste de avaliação. Esta avaliação, de natureza sumativa, teve como principal objetivo recolher dados para classificar os alunos.

Relativamente às tabelas, podia ter aumentado o seu potencial como instrumento de aprendizagem se os alunos tivessem tido oportunidade de as reformular antes de serem sujeitas a classificação. Efetivamente, dei *feedback* sobre as tabelas, enviando comentários sobre os aspetos positivos, os menos corretos ou que poderiam ter sido melhorados, mas foi a posteriori.

## 4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

---

O estudo das concepções alternativas dos alunos ao longo das últimas três décadas tem utilizado tanto métodos qualitativos como quantitativos, assistindo-se a uma tendência de valorização crescente em relação aos primeiros (Duit, 1993). A metodologia qualitativa pressupõe que o investigador, que recolhe e interpreta os dados, seja, simultaneamente, interveniente no processo e implicado nos dados que recolhe. É uma forma mais aberta e flexível de fazer investigação, indicada para situações exploratórias, quando o investigador pretende estudar áreas ainda pouco conhecidas ou processos de natureza mais interna, ou quando pretende adotar uma abordagem mais abrangente e integrada (Corbin e Strauss, 2015). Assim, a identificação de concepções alternativas integrou-se perfeitamente nesta metodologia, já que me revejo na ideia de Corbin e Strauss (2015) de que os que querem fazer investigação qualitativa fazem-no porque “querem a oportunidade de se conectar com os participantes da sua investigação e ver o mundo através dos seus pontos de vista” (p.27).

Este trabalho integrou-se no paradigma interpretativo. Dado que a investigação foi sendo realizada à medida que a prática letiva se foi desenvolvendo, o observador participante esteve permanentemente a recolher dados, a registá-los de forma descritiva, a analisá-los e a incorporar o resultado dessa reflexão nas aulas seguintes. Desta forma, o contexto de sala de aula “influencia e é influenciado pelas interações entre os participantes, gerando um conhecimento prático da complexidade, contexto e dinâmicas de ensino e aprendizagem” (Taylor, p.42).

### 4.1. Questões de investigação

A minha proposta de cariz investigativo centrar-se-á no problema “Qual o contributo das atividades investigativas nas concepções alternativas relacionadas com a temática «As rochas sedimentares como arquivos históricos da Terra» em alunos de 11º ano?”, sendo concretizada mais especificamente através das seguintes questões:

- Quais as concepções alternativas dos alunos relativamente aos fósseis como testemunhos da história da Terra, antes e após a implementação das atividades?

- Quais as aprendizagens desenvolvidas pelos alunos sobre os fósseis como testemunhos da história da Terra no decorrer da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”?
- Quais os conceitos que os alunos sentiram mais dificuldade em aprender no decurso atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”?
- Quais as competências desenvolvidas pelos alunos no decurso atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”?

## **4.2. Instrumentos de recolha de dados**

Os dados foram obtidos através de métodos de observação direta, inquéritos por questionário e análise documental. As observações diretas do dia a dia em sala de aula foram registadas no diário de bordo e, no caso das duas aulas em que os alunos apresentaram o trabalho oralmente, na grelha de observação criada para o efeito. Foram realizados questionários antes e depois da intervenção letiva com o intuito de detetar conceções alternativas, bem como um questionário de opinião para perceber o que os alunos pensam sobre a qualidade das aprendizagens realizadas, as dificuldades sentidas e as competências desenvolvidas. Este questionário também incluiu questões acerca das estratégias de ensino utilizadas e da qualidade da relação pedagógica estabelecida. A análise documental baseou-se nas nuvens de ideias produzidas pelos alunos antes e depois da intervenção, nas tabelas de recolha de informação preenchidas durante o trabalho de pesquisa e os *powerpoint* criados posteriormente. Também foram analisadas as questões do teste de avaliação sumativa onde a matéria lecionada se enquadrava.

### **4.2.1. Observação participante**

A observação “é um processo fundamental, desprovido de um fim em si mesmo, mas que, sendo subordinado ao serviço dos sujeitos e dos seus processos complexos de inteligibilização do real, fornece dados empíricos necessários a uma análise crítica posterior” (Dias e Morais, 2004, p.50). Assim, em contexto de sala de aula, a observação direta foi o método ideal para eu conhecer os alunos, as suas características, nível de preparação, estilos de aprendizagem, interesses e motivações. A partir deste conhecimento pude regular as interações com os alunos de forma a conseguir um ambiente favorável ao ensino e à aprendizagem. A vantagem deste método é a de que

o campo de investigação se torna infinitamente mais amplo e rico, já que o investigador se apercebe dos acontecimentos e comportamentos no momento em que estão a acontecer, com toda a sua complexidade, englobando tanto a linguagem verbal como a não-verbal, bem como mais autêntico, uma vez que o investigador é capaz de se aperceber daquilo que o aluno revela intencionalmente, mas também daquilo que ele não consegue esconder (Quivy e Campenhoudt, 1998).

Em termos de registo das observações utilizei o diário de bordo ao longo de toda a leção. A ideia foi a de manter um registo de cada aula, acontecimentos relevantes, incluindo os problemas que surgiram e como foram (ou não) resolvidos, as reações dos participantes a esses acontecimentos e às diferentes estratégias de ensino utilizadas, as minhas reflexões, sentimentos e impressões suscitadas. O registo foi realizado após as aulas para torná-lo o mais fidedigno possível. Claro que esta forma de recolha de dados coloca alguns problemas em termos de fiabilidade, já que as descrições que o observador faz são subjetivas (dependem das suas características, crenças, ideias prévias, interesses, motivações) e seletivas (dependem daquilo que o observador achou importante, quer tenha disso consciência, quer não) (Corben & Strauss, 2015). O diário de bordo funciona ainda como uma janela para a compreensão das razões por trás de certas decisões e comportamentos adotados pelo professor no decurso da sua prática (idem). Este “revisitar” o diário, além de permitir uma auto-análise do professor, permite-lhe entender certas atitudes e comportamentos menos agradáveis e mais desafiantes por parte dos alunos, já que proporciona algum distanciamento emocional, facilitando o discernimento.

A observação da apresentação do trabalho de grupo foi registada numa grelha de avaliação estruturada (Apêndice 8.5). Esta forma de registo da observação “permite uma maior sistematização e uma menor subjetividade na avaliação dos diferentes tipos de competências” (Galvão, Reis, Freire, & Oliveira, 2006, p.15) e “orientam a atenção do observador para aspetos dos domínios cognitivo, afetivo ou psicomotor que, por serem considerados importantes no contexto da atividade a realizar e/ou por terem sido selecionados para observação, foram incluídos na grelha” (Leite, 2002, p.8). Durante a apresentação foram avaliados principalmente domínios de ordem cognitiva (competências de raciocínio e saber científico).

#### **4.2.2. Inquéritos por questionário**

O inquérito foi outro método de recolha de dados utilizado através de questionários. Esta técnica é “precisa e formal, adequa-se particularmente bem a uma utilização pedagógica” (Quivy e Campenhoudt, 1998, p.164).

Relativamente ao questionário de deteção de conceções alternativas (Apêndice 8.2), foi solicitado aos alunos o preenchimento do mesmo antes e depois da leção da unidade a que o estudo se refere. Assim, este questionário serviu tanto como diagnóstico, como para identificação de eventuais conceções alternativas. A repetição do mesmo permitiu detetar alterações em termos de conceções alternativas, o nível de aprendizagens realizadas e as áreas em que os alunos sentiram mais dificuldades. O questionário foi respondido previamente por uma aluna de 11º ano de outra escola, com o intuito de melhorar a formulação das perguntas para serem o mais claras e inequívocas possível. As questões estavam direcionadas para as conceções alternativas já identificadas na literatura, mas dada a escassez de trabalhos nesta área específica, foram utilizadas sugestões de docentes e investigadores que lecionam estes temas a nível universitário, secundário e museológico. Este método, apesar de ter a vantagem de ser rápido a realizar e a analisar, apresenta algumas desvantagens, já que existem dois pontos passíveis de originar erros e deformações – o sujeito que preenche o questionário e o próprio questionário. Por exemplo, nem sempre os alunos estão suficientemente motivados para participar, acabando por não responder às perguntas que lhes exigem mais esforço (Quivy e Campenhoudt, 1998). Numa tentativa de atenuar este aspeto, fiz uma breve introdução sobre a importância da participação dos alunos para o meu estudo antes de lhes entregar o questionário em mãos. O questionário foi efetuado no dia anterior ao início da leção da unidade temática e repetido no dia a seguir ao seu término. No final, foi também apresentado aos alunos um breve questionário de opinião (Apêndice 8.3) acerca das aulas que lecionei, com uma vertente de heteroavaliação, em que os alunos me avaliaram como professora (domínio da matéria, gestão da sala de aula, qualidade da relação pedagógica estabelecida, estratégias de ensino usadas, sugestões de melhoria) e de auto-avaliação (competências desenvolvidas, dificuldades sentidas, o que mais gostaram, o que poderiam ter feito diferente para a aprendizagem ter sido mais eficaz).

#### **4.2.3. Análise documental**

A análise dos produtos criados pelos alunos foi outro método de recolha de dados utilizado. Assim, as tabelas de recolha de informação (Apêndice 8.4) e os *powerpoint*

criados pelos alunos no seguimento do seu trabalho de pesquisa, bem como as nuvens de ideias criadas antes e depois da unidade sobre fósseis foram instrumentos de recolha de dados sobre as aprendizagens realizadas e a eventual existência ou persistência de conceções alternativas.

Também o grupo de questões constantes do teste de avaliação sumativa (Anexo 9.1) visou principalmente “a avaliação de conhecimentos do domínio cognitivo” (Leite, 2002) ao longo da unidade, atendendo que este é o aspeto mais valorizado a nível do exame nacional de Biologia e Geologia a que os alunos serão sujeitos no final do ano letivo. Foi um dos instrumentos utilizado para tentar responder às questões de investigação relacionadas com as aprendizagens realizadas pelos alunos e com os conteúdos em que estes apresentaram mais dificuldades.

### **4.3. Contexto escolar e caracterização da turma**

O trabalho de investigação decorreu num estabelecimento militar de ensino não-superior (EME). Apesar de tutelada pelo Ministério da Defesa e se reger por legislação própria, no que concerne à componente educativa, a instituição rege-se pelos mesmos princípios e orientações de todas as outras escolas públicas do país, desenvolvendo as suas atividades letivas em concordância com o Sistema Educativo Nacional. Frequentam o estabelecimento, cerca de 750 alunos e alunas, distribuídos pelos três ciclos de ensino básico e pelo ensino secundário. Existe a possibilidade de ingressar em regime de internato a partir do 2º ciclo do ensino básico, modalidade escolhida por cerca de 60% dos alunos. É uma escola com excelentes condições em termos de espaços, equipamentos e ofertas educativas, tanto desportivas (judo, ginástica, esgrima, equitação, natação), musicais (orquestra, orfeão, guitarra) e de outra natureza (clube de ciências, clube multimédia, programação e robótica, Cambridge plus, a qual confere certificação em inglês). Existem diversos projetos em funcionamento, nomeadamente o “Projeto de Educação para a Saúde, Sexualidade e Afetos”, “Projeto Eco-Escolas”, “Projeto de Liderança e Valorização Pessoal”, “Projeto de Pedagogia Inclusiva”, “Projeto Cambridge”, “Programa Tecnológico Digital”.

Em termos de organização temporal, o ano letivo é constituído por dois semestres, sendo que além das pausas letivas habituais, de Carnaval, Páscoa, Natal e férias de Verão, existem outras, mais curtas, relacionadas com as cerimónias e atividades de cariz militar. Em termos diários, cada tempo letivo tem a duração de 50 minutos, sendo

os intervalos de 10 minutos, exceto um, a meio da manhã que é mais prolongado, de 20 minutos.

Participou neste estudo uma turma constituída por 17 alunos portugueses, 9 do sexo masculino e 8 do sexo feminino, com 16 anos de idade. Os alunos frequentavam pela primeira vez a disciplina de Biologia e Geologia de 11º ano, do Curso de Ciências e Tecnologias. Todos os alunos, exceto três, frequentavam a escola em regime de internato, sendo provenientes de diferentes municípios da região da Grande Lisboa, exceto um, proveniente do município de Santiago do Cacém. Todos os alunos tinham um iPad, que utilizavam habitualmente nas aulas.

Eu própria participei no estudo, na qualidade de investigadora participante, uma vez que delinee e orientei as atividades em que os alunos estiveram envolvidos (Dias & Morais, 2004).

#### **4.4. Questões éticas**

De acordo com a Carta Ética para a Investigação em Educação e Formação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (IEUL, 2016), e em estreita observância dos princípios nela enunciados, nomeadamente, o respeito pelos participantes e a integridade de atuação, passo a enunciar as questões de natureza ética que foram asseguradas ao longo deste trabalho de investigação:

- Explicitação dos cuidados éticos – pretendida por esta seção.
- Proteção dos participantes – a investigação, de forma alguma ameaçou a integridade ou o respeito pelos alunos, havendo inclusivamente a preocupação de não os sobrecarregar com a recolha de dados, que foi integrada na prática letiva, com exceção da primeira aplicação do questionário, que pretendi que fosse de resposta fácil e rápida.
- Consentimento informado – os alunos ou os seus representantes legais deram o seu consentimento depois de devidamente informados sobre o intuito da investigação e da forma como serão utilizados os dados obtidos.
- Confidencialidade e privacidade – a informação respeitante à escola, professores e alunos são confidenciais e a recolha de dados foi realizada de forma anónima.
- Falsificação e plágio – o trabalho de investigação foi realizado com a maior veracidade, transparência e rigor.

- Proteção e recolha de dados – os direitos de autoria estarão sempre salvaguardados.
- Publicação e divulgação do conhecimento – o produto final desta investigação ficará disponível para consulta no repositório da Universidade de Lisboa.

## 5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

---

A prática de ensino supervisionada realizada com alunos do 11º ano teve como propósito não só a lecionação da temática sobre a importância das rochas sedimentares e dos fósseis na reconstituição da história da Terra, mas também investigar quais as concepções alternativas sobre fósseis que os alunos possuíam à partida e se seriam desconstruídas através de atividades investigativas diversas.

Numa tentativa de responder às questões de investigação anteriormente referidas, segue-se a apresentação e análise dos dados obtidos, ressalvando que, dada a dimensão reduzida da amostra, os resultados obtidos não pretendem ter qualquer valor estatístico, manifestando apenas tendências passíveis de serem exploradas no futuro.

### **5.1. Quais as concepções alternativas dos alunos relativamente aos fósseis como testemunhos da história da Terra, antes e após a implementação das atividades?**

O questionário especificamente criado para detetar as concepções alternativas (Apêndice 8.1) continha inicialmente 39 questões, abrangendo quatro áreas: “O que é um fóssil?”, “Como se forma um fóssil?”, “Fósseis e Evolução” e “Fósseis e informação que estes facultam”, às quais os alunos tinham de associar uma resposta segundo uma escala de Likert. Uma destas questões foi posteriormente retirada da análise, pelo facto de estar mal formulada e poder induzir os alunos em erro. Numa primeira análise, optei por agrupar as afirmações do tipo “Tenho a certeza...” com as “Tenho quase a certeza...”. Considerei que estávamos em presença de uma concepção alternativa quando a maioria dos alunos associava uma determinada afirmação a uma resposta incorreta do ponto de vista científico. Segundo este procedimento foram detetadas nove concepções alternativas na primeira vez que os alunos responderam ao questionário (16 alunos), que se mantiveram na segunda vez que o fizeram (14 alunos). Em todas as questões, exceto a indicada mais adiante como CA2, metade ou mais dos alunos da turma responderam erradamente de ambas as vezes que o questionário foi aplicado (na questão indicada, metade dos alunos respondeu erradamente apenas na segunda vez que realizaram o questionário). As concepções alternativas detetadas estão indicadas na tabela seguinte.

Conceções alternativas detetadas		1ª aplicação (16 alunos)			2ª aplicação (14 alunos)		
		E	NS	C	E	NS	C
	Respostas dos alunos						
CA1	Um conjunto de conchas enterradas naturalmente na areia da praia constitui um conjunto de fósseis	12	3	1	8	3	3
CA2	Há organismos na atualidade que são fósseis vivos	6	6	4	3	3	8
CA3	Os fósseis dividem-se em fósseis de idade e fósseis de fácies	5	3	8	2	1	11
CA4	A fossilização inicia-se com o enterramento dos restos dos organismos	5	2	7	3	1	10
CA5	É preciso muito, muito tempo para se formar um fóssil	2	1	13	0	0	14
CA6	Uma espécie quando evolui é para sempre	14	0	2	9	1	4
CA7	Os fósseis mais antigos são de seres mais simples e os fósseis mais recentes são de seres mais complexos	4	1	11	2	0	12
CA8	Os dinossauros estão todos extintos	2	2	12	2	1	11
CA9	A datação das rochas através dos fósseis é menos exata do que a datação absoluta porque é uma datação relativa	1	4	11	0	2	12

Tabela 2 – Conceções alternativas detetadas (E – alunos que têm a certeza ou quase a certeza de que a afirmação está Errada; NS – alunos que não têm a certeza se a resposta está certa ou errada; C – alunos que têm a certeza ou quase a certeza de que a afirmação está Correta).

Segue-se uma breve análise sobre as mesmas. Serão adicionadas informações oriundas de outras fontes, sempre que se justifique.

**CA1 – Um conjunto de conchas enterradas naturalmente na areia da praia constitui um conjunto de fósseis** (inicialmente 75% dos alunos discordaram da afirmação tendo baixado para 57% no segundo questionário)

Apesar dos alunos terem, na sua maioria, errado esta questão, a afirmação “Um conjunto de conchas enterradas na areia consolidada (arenito) constitui um conjunto de fósseis”, gerou consenso entre 50% e, posteriormente, 69%. Tal parece indicar que a diferença está não na natureza dos sedimentos (areia), mas na forma como se apresentam: consolidados ou não. Em aula anterior, as rochas sedimentares detríticas foram classificadas em consolidadas e não-consolidadas, portanto, apesar de o conhecimento ter sido transmitido, não foi, como se verifica, adquirido. Isto vai ao encontro daquilo que se sabe sobre a resistência à mudança das conceções alternativas (Driver, 1985). De facto, desde que somos crianças que aprendemos que rocha é algo

grande, duro, resistente, sólido, parecendo contraintuitivo considerarmos a areia uma rocha.

Contudo, regista-se que alguns dos alunos conseguiram desconstruir a conceção alternativa que tinham *a priori* (de 1 aluno, em 16, que concordava com a afirmação, passaram a ser 3 alunos a concordar em 14), o que é um bom resultado se pensarmos que “os estudos mostram que as várias tentativas em sala de aula para extinguir as conceções [alternativas] dos alunos estão votadas ao fracasso” (Duit, 1993, p. 14).

**CA2 – Há organismos na atualidade que são fósseis vivos** (no primeiro questionário 38% dos alunos concordaram com a afirmação, no segundo esse número sobe para 57%)

Apesar de o conceito de “fóssil vivo” não ter sido abordado nas aulas, é natural que perdure, uma vez que tem sido amplamente utilizado nos manuais e pelos professores, tendo entrado na linguagem corrente quando nos queremos referir a organismos atuais, cujas características morfológicas são muito similares à de grupos biológicos hoje extintos (Silva, 2008), de que são exemplos o braquiópode *Lingula*, o cefalópode *Nautilus* ou o artrópode *Limulus* (Doyle, 1996). De facto, os organismos denominados como fósseis vivos são espécies ou géneros atuais que pertencem à mesma classe ou ordem de grupos biológicos que já foram muito mais abundantes e diversificados no passado geológico e cuja maioria dos representantes está hoje extinta (Silva, 2008). Assim sendo, segundo Silva (2008), o “conceito de ‘fóssil vivo’ em contextos científicos e educativos **deveria, pura e simplesmente, ser abandonado** por não ser minimamente objetivo, nem útil, na abordagem de temas paleontológicos ou evolutivos” (p.1).

É interessante constatar que o número de alunos “enganados” aumentou, apesar de o tema não ter sido explicitamente abordado na aula e o manual destes alunos não fazer alusão ao conceito. Será que o tinham adquirido em anos anteriores, mas estava esquecido e depois de começarem a abordar os temas de paleontologia o recordaram?

**CA3 – Os fósseis dividem-se em fósseis de idade e fósseis de fácies** (no primeiro questionário 50% dos alunos concordaram, no segundo, o número aumentou para 79%)

Estes dois conceitos foram abordados em sala de aula, recorrendo sempre que possível a exemplos concretos e incorporando a abordagem sugerida por Silva (2009)

de que **todos** os fósseis contêm em si informação cronológica e paleoambiental. Contudo, nem todos os fósseis são úteis para datar um estrato ou caracterizar uma fácies, portanto nem todos são ou “fósseis de idade” ou “fósseis de fácies”, respetivamente. De salientar que Silva (2009) exorta a que estes conceitos sejam abandonados no ensino básico e secundário e explica porquê – a dicotomia fóssil de fácies/fóssil de idade cria duas “caixinhas” conceituais e apenas essas. Havendo estas “caixinhas”, os alunos têm tendência a colocar qualquer fóssil numa ou noutra. Torna-se conceitualmente mais difícil para os alunos colocarem o mesmo fóssil em duas caixinhas diferentes ou ter um fóssil que não “cabe” em nenhuma delas. O aumento verificado do número de alunos que responde erradamente do primeiro para o segundo questionário vem dar força ao argumento do professor! De facto, esta parte da matéria já foi lecionada com atenção extra a esta tendência, tendo sido repetida várias vezes a ideia de que todos os fósseis contêm informação cronológica e ambiental, mas que nem todos são fósseis de idade ou fósseis de fácies. Portanto, fiquei surpreendida com estes resultados. Segundo Driver *et al.* (2000b), “just because someone is told something does not mean they understand it in the way intended” (p.200). Estes resultados parecem indicar que para desconstruir concepções alternativas, não basta falar sobre elas, é preciso algo mais profundo.

**CA4 – A fossilização inicia-se com o enterramento dos restos dos organismos** (na primeira vez que os alunos realizaram o questionário, 53% concordaram, aumentando para 71% na segunda vez)

Esta concepção alternativa à primeira vista não causa grande surpresa, já que se fala inúmeras vezes da necessidade de um enterramento rápido para que ocorra a preservação dos vestígios de partes do corpo ou da atividade vital. Porém, ao constatarmos que a maioria dos alunos concorda com a questão colocada imediatamente antes “A fossilização inicia-se com a morte dos organismos (ou a geração de restos que podem fossilizar, como uma folha ou um dente)”, ficamos com dúvidas... O que pensam realmente os alunos: a fossilização inicia-se com a morte dos organismos ou com o seu enterramento? Visto que mais de metade dos alunos pensa que ambas as respostas estão corretas, pelo menos alguns alunos responderam às duas... Além da pura distração, estas confusões são compreensíveis dado que as questões da tafonomia (ciência que estuda a fossilização) se limitam, no ensino secundário, à definição dos processos que atuam no corpo, parte do corpo, ou vestígio

da sua atividade, após o enterramento. Esta perspectiva redutora de um processo complexo (que inclui aspetos relacionados com a morte, os processos pré-enterramento e os processos pós-enterramento), pode estar na base da incoerência detetada. Seria talvez mais útil abordar todos estes aspetos da fossilização de uma perspectiva mais integrada, já que permitiria aos alunos compreenderem porque são os fósseis tão raros ou porque é o registo fóssil tão incompleto e enviesado em certos sentidos. Por exemplo, poderia ser mais útil levar os alunos a questionarem-se porque são os organismos aquáticos mais abundantes no registo fóssil do que os terrestres, ou porque os insetos, os animais mais abundantes e diversificados hoje em dia, não têm praticamente representatividade no registo fóssil (Doyle, 1996) do que propriamente levá-los a decorar os processos de fossilização existentes.

**CA5 – É necessário muito, muito tempo para se formar um fóssil** (81% na primeira aplicação do questionário concordaram com a afirmação e 100% na segunda)

De facto, não é preciso muito, muito tempo para se formar um fóssil, podem ser minutos! A qualidade de ser fóssil depende de um qualquer elemento biológico (ou registo da sua atividade) sair da Biosfera e ser incorporado na Geosfera. Como referido anteriormente, um conjunto de conchas enterradas na areia tornam-se fósseis e é um processo instantâneo! Claro que estes fósseis não têm interesse paleontológico e portanto acabam por ser descartados como tal. Na prática, a maioria dos cientistas apenas estuda fósseis que foram produzidos antes do Holocénico (Doyle, 1996).

Mas é possível encontrar fósseis com interesse paleontológico que se formaram instantaneamente, como os que se encontram em tufos vulcânicos.

Portanto, um fóssil não se torna fóssil devido ao facto de ter passado muito tempo enterrado ou por ter sofrido determinadas alterações mineralógicas, químicas ou físicas.

Como explicar o acentuar da conceção alternativa? Será que os alunos confundiram o tempo necessário para se formar um fóssil com o tempo que passa desde a sua formação até ser descoberto nos nossos dias? Efetivamente, esta questão só foi abordada explicitamente após a correção do questionário no final da intervenção. Foi dado o exemplo da cidade de Pompeia, cujo momento de destruição ficou imortalizado no tempo. Com base neste exemplo foi fácil para os alunos compreenderem que a afirmação estava incorreta, contrariamente ao que haviam respondido.

**CA6 – Uma espécie quando evolui é para sempre** (88% na primeira vez e 64% na segunda vez discordaram da afirmação)

Esta e a próxima concepção alternativa dizem respeito a ideias que os alunos têm sobre a evolução das espécies, da qual os fósseis são evidências. Aquando da correção desta questão no final da unidade gerou-se uma discussão porque alguns alunos tinham a noção de que os organismos podiam evoluir, mas depois regredir, como por exemplo, os animais que “perderam os olhos” ou os humanos que “perderam a cauda”. Para muitos alunos evolução é sinónimo de progresso. Tal é compreensível já que a palavra de senso comum não tem o mesmo significado que a palavra em termos científicos, em que evolução é sinal de mudança biológica, mesmo que possa ocorrer seja no sentido de menor complexidade. A evolução dá-se num único sentido, é contingente e irreversível. Os alunos que detinham esta concepção alternativa continuaram céticos, apesar das explicações facultadas de que mesmo que os organismos estejam a evoluir no sentido de “perder” estruturas, não estão a voltar a uma forma anterior (mais primitiva). Este tipo de atitude por parte dos alunos, por mais surpreendente e desconcertante que possa ser, vem corroborar a persistência das concepções alternativas e a dificuldade de as erradicar (Driver, 2000; Duit, 1993).

Apesar de tudo, foi das poucas questões em que alguns alunos pareceram alterar a concepção alternativa que detinham *a priori*, no sentido desejado (baixou de 14 alunos em 16 que responderam incorretamente no primeiro questionário para 9 alunos em 14 no segundo).

**CA7 – Os fósseis mais antigos são de seres mais simples e os fósseis mais recentes são de seres mais complexos** (69% dos alunos no primeiro questionário concordaram com a afirmação, número que aumentou para 86% no segundo questionário)

Esta concepção de que a idade do fóssil está relacionada com a sua complexidade já havia sido detetada por Dodick e Orion, em 2003 (Guffey & Slater, 2020). Como explicar que tenha havido uma mudança de alguns alunos que tinham a ideia correta ou não tinham uma ideia formada sobre o assunto para a ideia incorreta quando as questões da evolução não foram sequer abordadas é, no mínimo, surpreendente! Será porque durante a aula dedicada ao tempo geológico, quando expliquei a tabela cronostratigráfica fui falando dos **primeiros aparecimentos** das espécies e, efetivamente, os primeiros seres a surgir são mais simples e os seres mais complexos surgem mais tardiamente?

**CA8 – Os dinossauros estão todos extintos** (não há alteração significativa da primeira para segunda vez que o questionário foi realizado)

Esta conceção alternativa é partilhada pelos alunos e pela maioria das pessoas! Eu própria só aprendi agora, com um especialista, paleontologista, que “as aves são dinossáurios terópodes, i.e., pertencem ao mesmo grupo zoológico que inclui os mais ferozes carnívoros terrestres que jamais caminharam sobre a Terra” (Silva, 2005, p.3). Para a afirmação que consta no questionário estar correta e corresponder à extinção dos dinossauros que povoam o nosso imaginário teria de se ler “Os dinossauros não-avianos estão todos extintos”. Como este tema não foi falado durante a minha intervenção é natural que a conceção alternativa exista e se mantenha. Contudo, quando foi realizada a correção e discussão do segundo questionário, os alunos ficaram muito céticos relativamente a esta ideia de que os dinossauros ainda estão entre nós! Penso que muitos deles simplesmente não acreditaram em mim! Daqui se depreende como pode ser difícil desconstruir conceções alternativas quando a verdade científica desmente as ideias que sempre tiveram como certas. A minha afirmação em contrário não foi suficiente. Numa oportunidade futura, terei de provar o que estou a dizer! Talvez realizar uma atividade investigativa sobre o tema, colocando-os em contacto com artigos científicos da especialidade, ou ter a sorte de haver alguma exposição alusiva e levá-los a visitá-la, como a que decorreu em 2005 com o tema “Plumas em Dinossauros”!

**CA9 – A datação das rochas através dos fósseis é menos exata do que a datação absoluta, porque é uma datação relativa** (69% concordaram com a afirmação na primeira vez e 86% na segunda)

Esta conceção alternativa foi talvez a que mais me surpreendeu, não pelo resultado atingido na primeira vez que foi realizado (11 alunos num total de 16 responderam incorretamente), já que foi uma das conceções alternativas sugeridas pelo professor Carlos Marques da Silva, docente da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, habituado a lidar com este tipo de ideias erróneas que os alunos trazem do ensino secundário, mas por não ter sido desconstruída (sofrendo inclusivamente um ligeiro agravamento, passou para 12 alunos num total de 14 a responderem incorretamente). De facto, estas questões da datação relativa e absoluta foram

amplamente faladas e discutidas, com as dúvidas suscitadas (aparentemente) esclarecidas durante a intervenção.

À semelhança da conceção alternativa anterior, quando foi corrigido o questionário no final, os alunos continuaram a demonstrar a sua incredulidade e a insistir no erro! Penso que face a este tipo de reação o professor precisa de ir mais longe que as meras explicações, precisa de criar oportunidades para os alunos tornarem as suas ideias (erróneas) explícitas (Driver, 2000b). Neste caso, por exemplo, poderia pedir aos alunos que, em pequenos grupos, resolvessem um exercício de datação especialmente pensado para demonstrar que naquele caso concreto, a datação relativa é mais rigorosa do que a datação absoluta. Seria também uma ótima forma de estimular competências de raciocínio científico e resolução de problemas.

Portanto, das nove conceções alternativas detetadas no primeiro questionário, uma não mostrou alteração significativa no segundo questionário (C8), duas mostraram melhorias (C1 e C6), indicando que alguns alunos conseguiram modificar a ideia errada que detinham à partida. Quanto às restantes seis afirmações verifica-se que houve um reforço das conceções alternativas, com um aumento do número de alunos a expressá-las.

Independentemente dos resultados não terem sido os desejados em termos de desconstrução das conceções alternativas, a sua deteção é extremamente importante, já que conhecer a sua existência permite aos professores escolherem ou criarem estratégias de ensino específicas que favoreçam a desconstrução das mesmas (Driver, 2000a). De salientar que em todas as outras questões (29 em 39) a maioria dos alunos respondeu acertadamente, manifestando que já detinha o conhecimento à partida ou que o adquiriu no decurso da intervenção. Estas aprendizagens serão discutidas no final da secção seguinte.

**5.2. Quais as aprendizagens desenvolvidas pelos alunos sobre os fósseis como testemunhos da história da Terra no decorrer da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”?**

É obviamente difícil separar o que os alunos aprenderam através desta atividade particular do que o que aprenderam com todas as outras atividades que foram efetuadas ao longo da intervenção, portanto a análise será feita de forma integrada.

### 5.2.1. Análise e discussão das nuvens de ideias

Começamos por obter uma ideia geral das aprendizagens dos alunos através das coloridas nuvens de ideias que estes realizaram antes de iniciarem o estudo dos fósseis e após a sua conclusão.

As nuvens de ideias foram efetuadas através da aplicação Mentimeter. Os alunos foram convidados a escrever as primeiras três palavras que lhes ocorriam quando ouviam a palavra “Fósseis”.

Na primeira nuvem participaram 12 alunos que contribuíram com 23 palavras, na segunda o número de participantes foi de 14 e o número de palavras obtidas foi de 29. Isto significa que cada aluno contribuiu aproximadamente com duas palavras diferentes para cada uma das nuvens. Ao considerarmos que as formas singular e plural se traduzem numa única palavra, surgem cerca de 20 palavras (ou conjuntos de palavras) diferentes em cada nuvem. Seguem-se os resultados obtidos.



Figura 1: Nuvem de ideias obtida a partir da palavra “Fósseis” antes da intervenção.

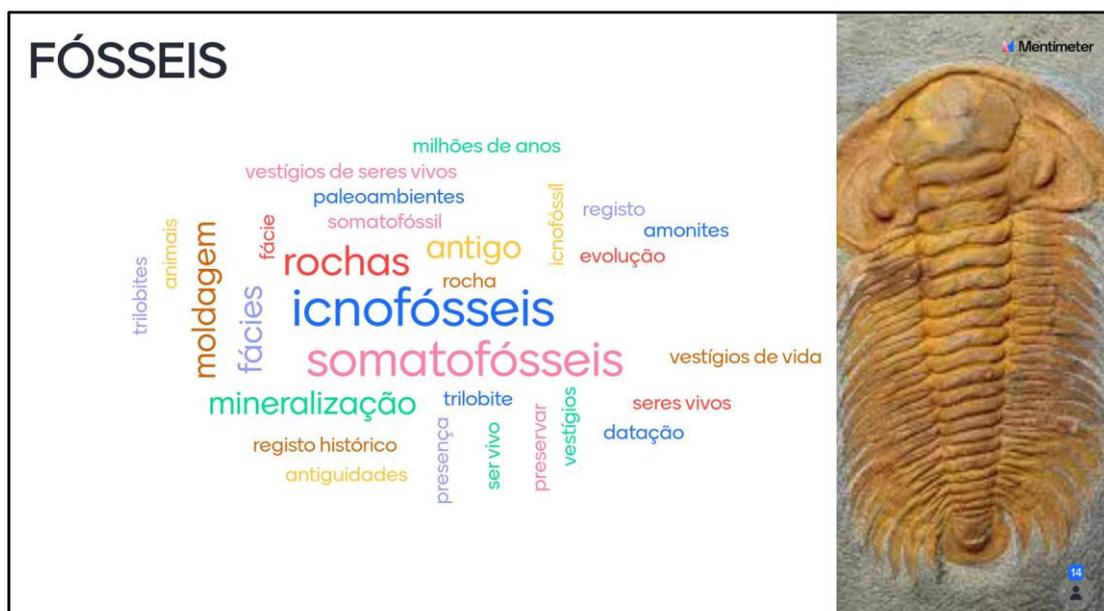


Figura 2: Nuvem de ideias obtida a partir da palavra “Fósseis” depois da intervenção.

Na primeira nuvem, antes da intervenção, o conhecimento que os alunos detêm sobre fósseis é fruto das suas aprendizagens até àquele momento, realizadas formalmente, durante os anos escolares anteriores, ou informalmente, através da televisão ou do cinema, por exemplo. É natural que, sendo um conhecimento mais aproximado ao do senso comum, as palavras que se destacam (SERES VIVOS, ROCHAS, ANTIGO) sejam aquelas que qualquer pessoa, mesmo que não tenha conhecimentos específicos sobre paleontologia, poderia responder se colocado na mesma situação.

Contudo, o mesmo não se pode dizer de duas das três palavras que se destacam na segunda nuvem de ideias (ICNOFÓSSEIS, SOMATOFÓSSEIS), as quais são conceitos paleontológicos que não surgem na linguagem corrente. Apesar de terem surgido na primeira nuvem, passam a ser escolhidas por um maior número de alunos no fim da leção da unidade.

A noção de tempo parece tornar-se mais definida. Na primeira nuvem a palavra ANTIGO, dá lugar a MILHÕES DE ANOS na segunda, o que pode ser consequência das aprendizagens realizadas durante a atividade “Desenrolar o tempo”, na qual foram abordadas a noção da imensidão do tempo geológico e a unidade utilizada para o medir.

Também encontramos diferenças a nível dos nomes de seres vivos que os alunos associam a fósseis: na primeira nuvem surgem as palavras DINOSSAUROS e, com menor destaque, MAMUTES e PLANTAS, na segunda é interessante constatar que os “dinossauros desaparecem” e são substituídos por AMONITES e TRILOBITES!

Na segunda nuvem de ideias surgem palavras associadas a um maior conhecimento científico sobre a importância dos fósseis, como EVOLUÇÃO e REGISTO HISTÓRICO. A palavra DATA na primeira nuvem desenvolve-se no conceito DATAÇÃO, o objeto MOLDE transforma-se no processo de fossilização MOLDAGEM na segunda nuvem. Também na segunda nuvem entram em cena a palavra MINERALIZAÇÃO, outro processo de fossilização estudado durante a unidade lecionada, bem como o conceito PALEOAMBIENTE.

Talvez a palavra que mais me dê esperança de que a atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal” tenha, apesar das dificuldades, servido um dos objetivos delineados (pelo menos para um ou dois alunos) é o aparecimento na segunda nuvem de ideias da palavra PRESERVAR. De facto, ao dar a conhecer algumas das mais importantes jazidas fossilíferas de Portugal, procurei desenvolver nos alunos a consciência cívica, sensibilizando-os para a necessidade de preservar o nosso património geológico.

### 5.2.2. Análise e discussão das tabelas de recolha de informação

Também através da análise das tabelas utilizadas pelos alunos para recolha de informação (Apêndice 8.3) durante o trabalho de pesquisa podemos verificar a qualidade das aprendizagens realizadas pelos alunos.

<b>Informação a recolher</b>	<b>G 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>	<b>Grupo 5</b>	<b>Grupo 6</b>
Localização geográfica	Não apresentou	10	5	10	10	10
Enquadramento geológico		10	5	10	10	0
Estatuto de proteção		10	0	5	10	0
Enquadramento cronológico		10	10	10	10	10
Tipo de fósseis		10	0	10	10	10
Interesse paleobiológico		10	10	10	10	10
Informação paleoambiental		10	0	5	10	10
Informação paleoecológica		10	0	10	5	0
Informação paleoclimática		0	10	10	10	10
Processo de fossilização dominante		10	10	10	5	0
<b>Total</b>	<b>0%</b>	<b>90%</b>	<b>50%</b>	<b>90%</b>	<b>90%</b>	<b>60%</b>

Tabela 3 – Avaliação das tabelas de recolha de informação realizadas pelos diferentes grupos (cotação de cada tópico de 10 pontos em 100).

Analisando os resultados obtidos pelos grupos que cumpriram a tarefa, podemos constatar que três deles atingiram excelentes resultados e dois apresentaram resultados medianos. De entre os campos que os alunos não tiveram qualquer dificuldade em preencher contam-se o enquadramento cronológico e o interesse paleobiológico, o que é natural, já que são informações mais concretas e mais fáceis de encontrar nos documentos disponibilizados. Relativamente ao tipo de fósseis, pelo que me foi dado a perceber durante as aulas, os alunos adquiriram facilmente a capacidade de distinguir somatofósseis de icnofósseis, o que se refletiu nas tabelas. Quanto ao campo informação paleoclimática, a resposta já era um pouco mais complexa, uma vez que tinha de ser inferida a partir de outros dados presentes nos documentos disponibilizados, portanto, fiquei bastante satisfeita com os resultados (quatro dos cinco grupos disponibilizou a informação correta), o que me leva a concluir que o tempo investido a dar exemplos concretos, a questionar os alunos e a “obrigá-los” a pensar foi bem empregue.

### 5.2.3. Análise e discussão das apresentações orais

As apresentações orais dos trabalhos de grupo, avaliadas segundo a grelha constante do Apêndice 8.4, obtiveram resultados ainda melhores.

<b>Critérios</b>	<b>G1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>	<b>Grupo 5</b>	<b>Grupo 6</b>
<b>1. Saudação inicial; identificação da temática (1-3-5%)</b>	<b>Não apresentou</b>	5	5	5	5	5
<b>2. Desenvolvimento da temática (5-18-25%)</b>		18	18	25	25	18
<b>3. Correção do discurso (5-15-20%)</b>		15	15	20	20	15
<b>4. Apresentação da informação (5-15-20%)</b>		20	15	15	15	15
<b>5. Suporte audiovisual (5-10-15%)</b>		15	10	10	10	10
<b>6. Articulação entre os elementos do grupo (2-5-10%)</b>		10	5	5	5	10
<b>7. Gestão do tempo (1-3-5%)</b>		5	5	5	5	5
<b>Total</b>	<b>0%</b>	<b>88%</b>	<b>73%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>78%</b>

Tabela 4 – Avaliação das apresentações orais realizadas pelos diferentes grupos.

Exceto o grupo 1, que optou por não realizar o trabalho, todos os grupos alcançaram resultados muito bons nas suas apresentações. Os alunos dominavam os conceitos e informações expostos e mobilizaram-nos eficazmente ao longo da apresentação.

#### 5.2.4. Análise do questionário de opinião

O questionário de opinião (Apêndice 8.2) foi o instrumento utilizado para avaliar as aprendizagens dos alunos na sua própria voz. A sua análise foi realizada agrupando as respostas “Concordo totalmente” e “Concordo”, por um lado, e as respostas “Discordo totalmente” e “Discordo”, por outro. De notar que se destacam aqui as aprendizagens de natureza cognitiva, já que as de tipo procedimental ou atitudinal serão abordadas na secção referente ao desenvolvimento de competências. O resultado da análise efetuada consta no gráfico seguinte.

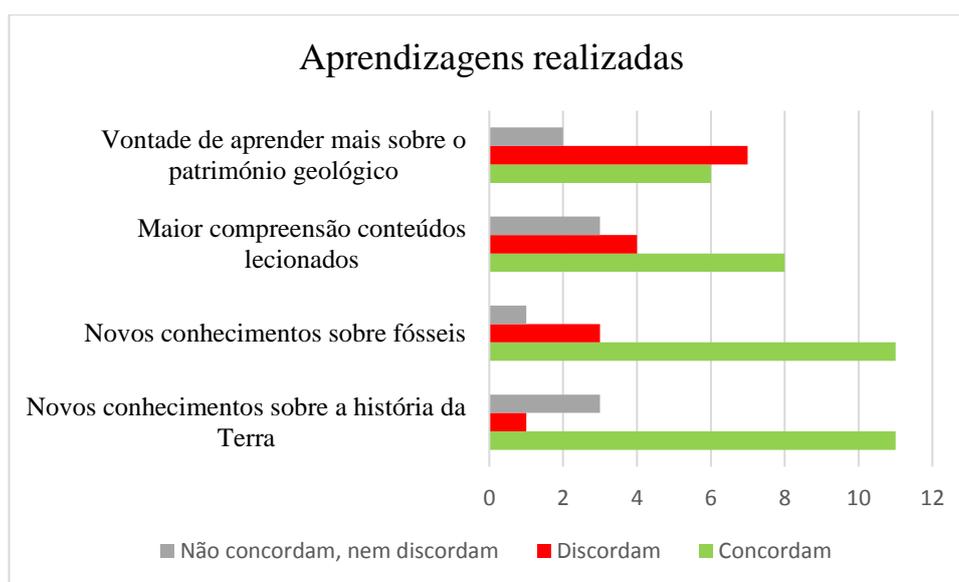


Gráfico 1 – Aprendizagens realizadas pelos alunos durante a atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”, na opinião dos alunos. (n=15 alunos).

Podemos constatar que a maioria dos alunos (73%) foi da opinião de que a atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal” contribuiu para a aprendizagem de novos conhecimentos relacionados com os fósseis e a história da Terra. Mais de metade da turma referiu que a atividade os ajudou a compreender melhor os conteúdos lecionados nas aulas anteriores. O tema do trabalho foi avaliado como sendo interessante por 40% dos alunos e, em consonância com estes resultados, 40% dos

alunos (provavelmente os mesmos!) ficou com vontade de saber mais sobre o património geológico português.

Contudo, e apesar de aparentemente reconhecerem o papel facilitador da atividade investigativa nas aprendizagens, 47% dos alunos afirma que não ficou com vontade de aprender mais sobre o património geológico português.

### 5.2.5. Análise e discussão do teste de avaliação sumativa

As aprendizagens dos alunos foram também aferidas através de um grupo de questões no teste de avaliação sumativa (Anexo 9.1). Partindo de um texto sobre as formações presentes no *Grand Canyon* e uma figura ilustrativa, o grupo era constituído por seis perguntas de escolha múltipla, um exercício de correspondência e um de ordenação de eventos (cotados com 0,6 valores cada um). A tabela seguinte mostra os resultados obtidos em cada questão, destacando as respostas corretas.

	Respostas corretas	Respostas erradas	% respostas corretas
Questão 1	11	6	65
Questão 2	13	4	76
Questão 3	10	7	59
Questão 4	14	3	82
Questão 5	8	9	47
Questão 6	5	12	29
Questão 7	11	6	65
Questão 8	7	10	41

Tabela 5 – Resultados obtidos no grupo III do teste de avaliação sumativa (n=17 alunos). As respostas a que mais de 50% dos alunos respondeu corretamente estão destacadas a verde.

No geral, as notas do teste de avaliação como um todo foram bastante fracas – a nota média dos 17 alunos que realizaram o teste foi de 10,7 valores (em 20), sendo a melhor nota um 16,3 e a pior nota um 3,6. No total houve seis negativas. Relativamente ao grupo III, que avaliava a unidade por mim lecionada, num total de 4,8 valores, a média dos alunos foi de 2,8 (um valor ligeiramente acima do esperado, que, a manter-se a proporcionalidade, seria de 2,6), máximo de 4,8 (todas as respostas corretas) e um mínimo de 0,6 (apenas uma resposta correta). Apenas três alunos tiveram menos de metade da cotação total, sendo um resultado parcial bastante melhor do que o referente ao teste como um todo.

De facto, os resultados médios, à primeira vista um pouco desanimadores, não correspondem a uma falha de aprendizagens tão acentuada quanto possa parecer. Quando analisados mais pormenorizadamente, verificamos que a maioria dos alunos responde acertadamente a cinco das oito questões.

Os melhores resultados surgem nas questões 2 e 4, que se prendem com aspetos mais concretos, de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. A questão 4, à qual 82% dos alunos responde acertadamente refere-se ao uso de fósseis de trilobites como fonte de informação cronológica (Câmbrico, neste caso particular) e paleoambiental (ambientes marinhos). Mesmo dos três alunos que erram a resposta, dois escolheram uma opção que está parcialmente correta, pois refere que as trilobites permitem datar estratos do Paleozóico, falhando relativamente à escolha de ambiente em que trilobites habitavam (colocando ambiente de transição em vez de marinho, o que não me choca particularmente). O facto de usarmos as trilobites como exemplo de fósseis de idade pode retirar a atenção do facto de que também fornecem informação ambiental. Este exemplo ilustra na perfeição o que o professor Carlos Marques da Silva refere sobre o perigo de se “arrumarem os fósseis em caixinhas”.

Fiquei muito satisfeita com este resultado, até porque penso que a atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal” terá contribuído para esse sucesso, já que uma das apresentações a que os alunos assistiriam (Anexo 9.2) dizia respeito precisamente a trilobites, nomeadamente às trilobites gigantes de Canelas, trabalho esse que teve a melhor classificação (88%).

A maioria dos alunos (76%) também responde acertadamente à questão 2, relacionada com os conhecimentos adquiridos relativamente aos processos de fossilização, nomeadamente o de conservação de insetos através do âmbar. Contrariamente à questão anterior, o grau de dificuldade desta questão era baixo e pode fazer uso de imagens que os alunos estão habituados a ver nos manuais, na televisão ou no cinema (basta lembrar-nos do filme “Parque Jurássico”) ou eventualmente em feiras de minerais (que alguns dos alunos referiram frequentar).

As questões 1 e 7, a que 65% dos alunos responderam acertadamente, implicavam a mobilização dos princípios estratigráficos, conteúdos lecionados no ano anterior, que foram revistos e trabalhados durante as aulas, não apresentando portanto um grau de dificuldade acrescido.

Fiquei satisfeita por constatar que as questões que obtiveram melhores resultados foram aquelas que foram mais trabalhadas durante a minha intervenção.

### 5.2.6. Análise e discussão do questionário de deteção de conceções alternativas

Não queria deixar de fazer referência ao questionário de deteção de conceções alternativas nesta secção, já que pode fornecer algumas pistas sobre as aprendizagens realizadas pelos alunos durante a intervenção, apesar de estas não terem sido realizadas exclusivamente durante a atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”.

#### 5.2.6.1. Análise das respostas “Tenho a certeza de que a afirmação está certa/errada”

Será lícito concluir que o aumento do número de respostas “Tenho a certeza de que a afirmação está certa/errada” da primeira para a segunda vez que o questionário foi aplicado significa que houve aprendizagem por parte dos alunos (ou, pelo menos, consolidação de aprendizagens) durante a intervenção. Os resultados obtidos estão expressos na tabela seguinte.

Afirmações em que houve um aumento das respostas do tipo “Tenho a certeza”		1ª aplicação	2ª aplicação
Q3	Só entidades outrora vivas, como plantas e animais que sofreram mineralização é que são fósseis, os moldes, internos ou externos, formados a partir deles não são considerados fósseis	9	13
Q4	Os túneis escavados por vermes antigos que ficaram preservados nas rochas são considerados fósseis	3	10
Q5	Uma pegada de dinossauro jurássico é um fóssil	11	14
Q9	Os corpos mumificados de mamutes preservados em solo congelado são fósseis	3	10
Q11	Há fósseis integrados nos pavimentos e paredes de edifícios da cidade de Lisboa	3	11
Q13	É frequente encontrar fósseis em rochas magmáticas	8	10
Q14	É frequente encontrar fósseis em rochas sedimentares	11	12
Q22	Para um geólogo, é fácil encontrar fósseis	7	12
Q24	O registo fóssil é constituído apenas por experiências evolutivas mal-sucedidas	6	11
Q31	Os homens primitivos e os dinossauros existiram ao mesmo tempo	10	12
Q32	O registo fóssil só serve para sabermos quando ocorreram as extinções em massa	13	14

Q35	A partir dos fósseis e o contexto geológico onde estão integrados pode perceber-se se o organismo que o produziu era marinho ou terrestre	6	12
Q37	É sempre possível datar as rochas através da datação radiométrica	9	10

Tabela 6 – Resultados do questionário de conceções alternativas, destacando o aumento do número de alunos que responde “Tenho a certeza de que a afirmação está certa/errada” da primeira para a segunda aplicação do mesmo. Os resultados assinalados a verde dizem respeito a questões cujo grau de certeza triplicou ou duplicou da primeira para a segunda aplicação do questionário.

Todos os conteúdos que dizem respeito a estas afirmações foram abordados de forma mais ou menos direta durante a intervenção. Os resultados mais modestos verificaram-se em questões que os alunos apresentavam um maior domínio logo à partida (a maioria dos alunos sabia que uma pegada de dinossauro é um fóssil, que o registo fóssil serve para muito mais do que indicar quando ocorreram as extinções em massa ou que os dinossauros não-avianos e os homens não são contemporâneos). As melhorias mais significativas estão assinaladas a verde, em que o número de alunos que responde com um elevado grau de certeza triplica nas questões 4, 9, e 11, e duplica na questão 35. Estes resultados são extremamente gratificantes para mim, já que todas estas afirmações dizem respeito a tópicos que foram trabalhados em sala de aula. As questões 22 e 24 também melhoraram bastante, apesar de não terem sido abordadas de forma tão explícita como as acima referidas.

#### 5.2.6.2. Análise das respostas “Não tenho a certeza se a afirmação está certa ou errada”

A diminuição das respostas “Não tenho a certeza se a afirmação está certa ou errada” da primeira para a segunda vez que o questionário foi aplicado pode também ser considerado um indicador de que houve aprendizagem. Mais precisamente, em 26 das 38 afirmações que constavam do questionário os alunos aprenderam algo! A tabela seguinte destaca as 17 afirmações onde a aprendizagem ocorreu no sentido cientificamente correto.

Afirmações em que houve uma diminuição das respostas “Não tenho a certeza se a afirmação está certa/errada”		1ª aplicação	2ª aplicação
Q2	Os fósseis só são considerados como tal se tiverem muitos milhões de anos de idade	2	1
Q3	Só entidades outrora vivas, como plantas e animais que sofreram mineralização é que são	4	0

	fósseis, os moldes, internos ou externos, formados a partir deles não são considerados fósseis		
Q4	Os túneis escavados por vermes antigos que ficaram preservados nas rochas são considerados fósseis	4	2
Q7	Um conjunto de conchas enterradas na areia consolidada (arenito) constitui um conjunto de fósseis	5	2
Q8	As múmias egípcias são fósseis	6	3
Q9	Os corpos mumificados de mamutes preservados em solo congelado são fósseis	5	0
Q11	Há fósseis integrados nos pavimentos e paredes de edifícios da cidade de Lisboa	5	0
Q15	É frequente encontrar fósseis em rochas metamórficas	3	2
Q16	A fossilização inicia-se com a morte dos organismos (ou a geração de restos que podem fossilizar, como uma folha ou um dente)	3	0
Q18	Uma das condições necessárias para a fossilização ocorrer é a presença de oxigénio	5	2
Q21	Só há fósseis de partes duras de organismos (dentes, ossos, conchas, troncos)	1	0
Q22	Para um geólogo, é fácil encontrar fósseis	2	0
Q24	O registo fóssil é constituído apenas por experiências evolutivas mal-sucedidas	2	1
Q30	A <i>Archeopterix</i> é um fóssil de transição entre os répteis e as aves	9	5
Q34	Há fósseis de <b>todos</b> os grupos biológicos que já existiram na Terra	3	2
Q35	A partir dos fósseis e o contexto geológico onde estão integrados pode perceber-se se o organismo que o produziu era marinho ou terrestre	2	0
Q39	É sempre possível datar as rochas através da datação radiométrica	3	2

Tabela 7 – Resultados do questionário de conceções alternativas, destacando a diminuição do número de alunos que responde “Não tenho a certeza se a afirmação está certa ou errada” da primeira para a segunda aplicação do mesmo. Os resultados assinalados a verde correspondem a questões sobre as quais os alunos deixaram, aparentemente, de ter dúvidas.

Como se pode observar, as aprendizagens tanto envolvem um número modesto de alunos, um ou dois (2, 4, 15, 21, 22, 24, 34, 35 39), como um número mais significativo de alunos, três, quatro ou cinco (3, 7, 8, 9, 11, 16, 18, 30). Destacam-se a verde as seis questões (9, 11, 16, 21, 22 e 35) em que se verifica que nenhum aluno pareceu ficar com dúvidas após a intervenção.

Infelizmente, nem sempre a aprendizagem ocorreu no sentido desejado. Constatase pela observação da tabela seguinte que em sete questões alguns alunos aprenderam

ideias cientificamente erradas (a diferença encontrada na questão 29 não é significativa).

Aprendizagens cientificamente erradas		1ª aplicação (16 alunos)			2ª aplicação (14 alunos)		
		E	NS	C	E	NS	C
Respostas dos alunos							
Q10	Há organismos na atualidade que são fósseis vivos	6	6	4	3	3	8
Q12	Os fósseis dividem-se em fósseis de idade e fósseis de fácies	5	3	8	2	1	11
Q17	A fossilização inicia-se com o enterramento dos restos dos organismos	5	2	7	3	1	10
Q19	É preciso muito, muito tempo para se formar um fóssil	2	1	13	0	0	14
Q25	Uma espécie quando se extingue é para sempre	0	5	11	3	1	10
Q28	Os fósseis mais antigos são de seres mais simples e os fósseis mais recentes são de seres mais complexos	4	1	11	2	0	12
Q29	Os dinossauros estão todos extintos	2	2	12	2	1	11
Q38	A datação das rochas através dos fósseis é menos exata do que a datação absoluta porque é uma datação relativa	1	4	11	0	2	12

Tabela 8 – Resultados parciais do questionário de deteção de conceções alternativas que demonstram que algumas das aprendizagens se fizeram no sentido indesejado.

Das questões assinaladas, todas já haviam sido sinalizadas como conceções alternativas, exceto a Q25 que diz respeito ao tópico da evolução, que não foi abordado durante a minha intervenção e para o qual não encontro nenhuma explicação.

**5.3. Quais os conceitos que os alunos sentiram mais dificuldade em aprender no decurso da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”?**

No decurso das aulas de pesquisa, à medida que os alunos iam preenchendo a tabela de recolha de informação, os pedidos de esclarecimento centraram-se nos tópicos de informação paleoambiental, paleoecológica e paleoclimática, que eram aqueles cuja informação, por vezes, não se encontrava disponível nos sites fornecidos de forma tão direta como outros, implicando a necessidade de fazer inferências. Dos tópicos de resposta mais direta, foi o estatuto de proteção o que levantou mais dúvidas, o que é natural, já que era a primeira vez que os alunos abordavam questões de geoconservação. De facto, mesmo com a possibilidade de pedirem ajuda, se olharmos

para a tabela 3, verificamos que apenas dois dos cinco grupos tiveram a cotação completa neste tópico. O mesmo se aplica ao tópico “informação paleoecológica”. Notei uma grande dificuldade nos alunos em selecionar a informação adequada ao preenchimento deste tópico da tabela. Apesar dos alunos aprenderem ecologia desde o 7º ano de escolaridade, não pareceram capazes de mobilizar os conhecimentos que possuem quando confrontados com contextos diferentes daqueles inicialmente utilizados.

Alguns alunos diziam-me que não sabiam muito bem o que escrever na tabela, apesar de já terem detetado a informação necessária nos documentos disponibilizados, revelando dificuldade em sintetizar a informação de forma adequada para constar de uma tabela.

Assim, as maiores dificuldades dos alunos por mim detetadas em sala de aula foram a seleção da informação relevante, a capacidade de síntese e de se expressarem por “palavras suas”. Por exemplo, o grupo 3 colocou grandes extensões de texto (muitas delas claramente “*copy/paste*”) numa tabela cuja intenção deveria ser a de resumir a informação mais importante. O grupo 6 limitou-se a remover da tabela as linhas dos tópicos para os quais não conseguiram encontrar resposta. Estes dois grupos foram os que obtiveram as classificações mais baixas, respetivamente de 50% e 60%. A atitude destes dois grupos surpreendeu-me um pouco, já que raramente ou nunca pediram ajuda ou esclarecimentos ao longo das aulas destinadas para o trabalho de pesquisa, contrastando com a dos restantes grupos, que usaram esse recurso por diversas vezes, com óbvias vantagens, já que obtiveram melhores classificações (90%).

As dificuldades expressas pelos alunos no questionário de opinião parecem ir ao encontro destas duas linhas de evidências, a minha observação e a análise das tabelas.

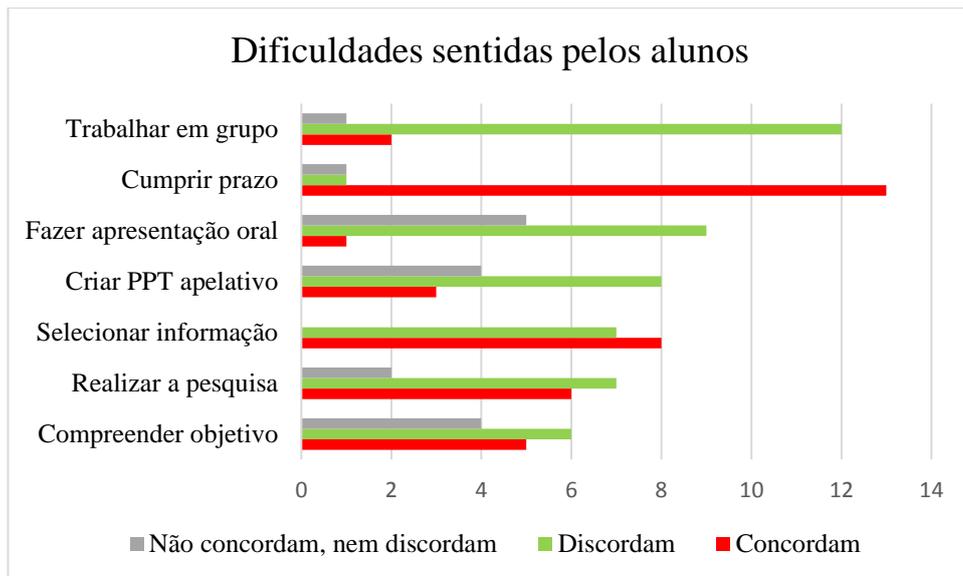


Gráfico 2 – Dificuldades sentidas pelos alunos durante a atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal” (n=15 alunos).

Os alunos indicaram dificuldades ao nível da seleção da informação relevante (53%), em encontrarem a informação pretendida a partir dos sites fornecidos para pesquisa (40%) e, até, em compreenderem o objetivo do trabalho (33%). Relativamente a este último ponto, houve realmente um grupo que mostrou muita resistência ao trabalho, afirmando várias vezes que não sabia o que responder, o que era para fazer. Este grupo foi o mesmo que apagou as linhas da tabela de recolha de informação, tendo portanto uma nota mais baixa nessa parte do trabalho (60%), apesar de terem obtido uma boa classificação na apresentação oral (78%). Pareceu-me que a resistência ao trabalho se deveu a uma resistência a pensar sobre os assuntos, talvez pelo facto da informação disponível sobre o Miocénico de Lisboa estar mais dispersa em diferentes fontes, menos organizada no sentido que a tabela pedia. O facto de haver menos informação direta, implicou uma maior capacidade de raciocínio para inferir alguns tópicos da tabela. Provavelmente este “esforço de pensar acrescido” esteve na base da resistência que encontrei por parte deste grupo relativamente aos outros.

Porém, a maior dificuldade, assinalada por 87% dos alunos, foi a de terminar a atividade no prazo estipulado. Foram disponibilizados 100 minutos em sala de aula para a realização do trabalho, tendo-lhes sido dada a indicação de que deveriam completá-lo como trabalho de casa. Efetivamente, gostaria de ter podido disponibilizar aos alunos mais tempo em sala de aula, mas tal não foi possível. De qualquer forma, penso que essa limitação não se refletiu nas avaliações que os alunos atingiram, quer nas tabelas de recolha de informação, quer nas apresentações realizadas.

As vertentes mais criativas e sociais do trabalho não foram assinaladas como problemáticas para a maioria dos alunos. Apesar de poucos, alguns alunos referiram dificuldades na criação de um *powerpoint* apelativo (20%), em terem de trabalhar em grupo (13%) e em fazerem uma apresentação oral (7%).

As dificuldades detetadas através da análise do teste de avaliação foram de natureza cognitiva e podem ser constatadas na tabela seguinte.

	Respostas corretas	Respostas erradas	% respostas erradas
Questão 1	11	6	35
Questão 2	13	4	24
Questão 3	10	7	41
Questão 4	14	3	18
Questão 5	8	9	53
Questão 6	5	12	71
Questão 7	11	6	35
Questão 8	7	10	59

Tabela 9 – Resultados negativos obtidos no grupo III do teste de avaliação sumativa (n=17 alunos). As respostas a que mais de 50% dos alunos respondeu erradamente estão destacadas a laranja.

A pergunta que suscitou mais dificuldades por parte dos alunos foi a questão 6, referente ao paleoambiente eólico (Anexo 9.1). Em 17 alunos houve 5 respostas certas e 12 erradas. Porém, entre estes 12 alunos, apenas dois escolheram a opção que estava totalmente errada (“presença de fósseis de idade”), pois os restantes escolheram respostas que estavam parcialmente corretas. De facto, a resposta correta, “caraterização da fácies de rocha”, engloba outras duas ideias presentes nas hipóteses de escolha disponíveis, a “presença de fósseis de fácies” e a “estratificação entrecruzada, exclusiva desta fácies”. Portanto, 10 alunos escolheram uma resposta que estava correta, apesar de não terem escolhido a resposta mais correta (completa), sendo que este resultado acaba por não ser tão frustrante como parecia à primeira vista.

Em seguida, o pior resultado surge na questão 8, com 71% dos alunos a responderem incorretamente. Este resultado não me surpreende, já que se trata de um exercício de ordenação, em que ocorre um fenómeno “tudo ou nada”, isto é, o critério de correção, à semelhança do que acontece no exame nacional, é tal que a resposta só é considerada correta se toda a sequência estiver certa, do início ao fim. Portanto, não

distingue entre alguém que responde aleatoriamente de alguém que acerta em praticamente toda a sequência, mas troca a ordem de dois eventos. Pode-se questionar a justiça do critério, claro, mas é o que estará em vigor quando os alunos realizarem o exame nacional.

A questão 5 prende-se com o reconhecimento de uma transgressão a partir do registo fóssil ilustrado na figura disponibilizada. Já tinha observado durante a leção das aulas que os alunos têm dificuldade em compreender não só de que forma os fenómenos de regressão/transgressão marcam o registo geológico, mas também confundem os dois termos frequentemente – estão a pensar corretamente, mas a usar palavra errada. Pelas reações que fui obtendo nas aulas em que se tratou deste tópico ou que se realizaram exercícios sobre o mesmo, não me surpreende que tenha sido uma das questões que os alunos mais tenham tido dificuldade em responder corretamente (59% dos alunos responderam erradamente).

#### **5.4. Quais as competências desenvolvidas pelos alunos no decurso da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”?**

Uma das vantagens das atividades investigativas é precisamente o desenvolvimento das competências nos alunos (Galvão, 2006). Se atentarmos no gráfico seguinte podemos constatar o que os alunos pensam relativamente ao contributo da atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal” para o desenvolvimento das suas competências.

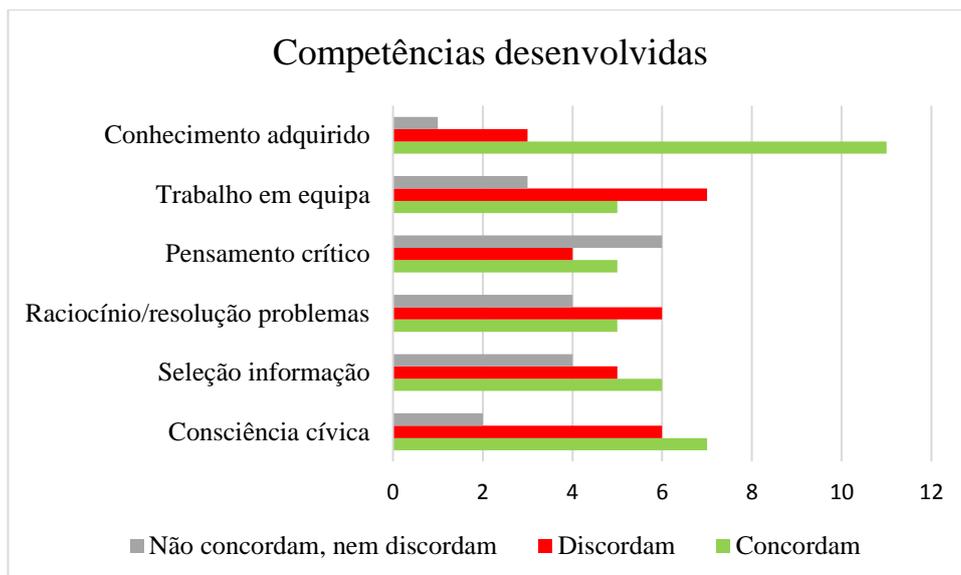


Gráfico 3 – Competências desenvolvidas pela atividade investigativa “Paleoturismo em Portugal”, na opinião dos alunos (n=15 alunos).

As competências de domínio cognitivo, de aquisição e consolidação de conhecimentos são aquelas que os alunos entendem ter sido mais desenvolvidas através da realização do trabalho “Paleoturismo em Portugal”. No questionário de opinião, 73% dos alunos refere que a atividade contribuiu para adquirirem novos conhecimentos sobre a história da Terra, a mesma percentagem de alunos declara terem alargado o seu conhecimento dos fósseis, e 53% indica que o trabalho os ajudou a compreender melhor os conteúdos lecionados anteriormente (resultado não indicado no gráfico).

De assinalar que 47% dos alunos ficou sensibilizado para a necessidade de proteger o património geológico como resultado do trabalho realizado, indicando o desenvolvimento da consciência cívica relativamente a este tópico, importante para formar cidadãos informados, interessados e participativos.

Outra competência que os alunos indicam ter sido desenvolvida pela atividade investigativa foi a de seleção de informação relevante. Apesar de 40% pensarem desta forma, o facto é que 33% dos alunos tem a opinião contrária. A análise das tabelas de recolha de informação pode fornecer uma pista para explicar estas diferenças. Dos cinco grupos que preencheram as respetivas tabelas, três obtiveram a avaliação 90%, podendo concluir-se que nestes grupos a informação selecionada foi a pretendida, relevante para o trabalho. Nos outros dois grupos a seleção de informação foi significativamente pior, refletindo-se nas avaliações (50 e 60%). Não seria de

surpreender que alguns dos elementos destes dois grupos tenham sentido que a atividade não foi útil para desenvolverem a referida competência.

Uma percentagem bastante elevada (47%) de alunos discorda da ideia de que a atividade tenha promovido a capacidade de trabalhar em equipa. Se não promoveu, o que falhou? Os alunos trabalham perfeitamente em grupo, portanto não há por onde evoluir? Os alunos não trabalharam efetivamente em grupo? O professor não deu as condições propícias para que os alunos pudessem trabalhar em grupo?

Penso que os alunos estão habituados a fazer trabalhos em grupo, mas de facto não trabalham colaborativamente (veja-se a este respeito a reflexão sobre as aulas 10 e 11).

Também grande parte dos alunos (40%) está convencida de que a atividade investigativa não serviu para desenvolver as suas capacidades de raciocínio e de resolução de problemas, apesar de ser claro, pelas avaliações atingidas pelos alunos ao nível das apresentações orais (ver tabela 4), que tiveram de recorrer a estas capacidades para transformar as informações recolhidas num produto apelativo, capaz de cativar o interesse de eventuais turistas. Efetivamente houve dois alunos que se destacaram nas apresentações orais, porque levaram as competências de raciocínio, resolução de problemas, capacidade de argumentação e pensamento crítico a outro nível, sendo capazes de responder a dúvidas que lhes foram por mim colocadas de forma integrada, mobilizando e relacionando diversos conhecimentos adquiridos ao longo das aulas e da realização do trabalho.

A maioria dos grupos mostrou ter aplicado o seu pensamento criativo na realização dos trabalhos, não se cingindo à documentação facultada, procurando imagens, *cartoons*, vídeos e curiosidades para ilustrar a informação constante no *powerpoint*, tornando-o mais original e interessante. A maioria dos alunos (53%) não assinalou dificuldades em criar um *powerpoint* apelativo (ver Gráfico 2) com todos os grupos a utilizarem elementos audiovisuais de qualidade na sua apresentação (ver tabela 4, tópico suporte audiovisual).

Apesar de 33% dos alunos acreditar que o trabalho “Paleoturismo em Portugal” contribuiu para o desenvolvimento do pensamento crítico, 40% dos alunos não expressa a sua opinião sobre esta questão, o que me leva a questionar se os alunos sabem efetivamente o que significa utilizar o pensamento crítico.

## 5.5. Outros resultados obtidos

Gostaria nesta altura de analisar alguns resultados que obtive, nomeadamente através do questionário de opinião, que, apesar de não estarem enquadrados nas questões de investigação, penso serem pertinentes para a minha prática letiva futura.

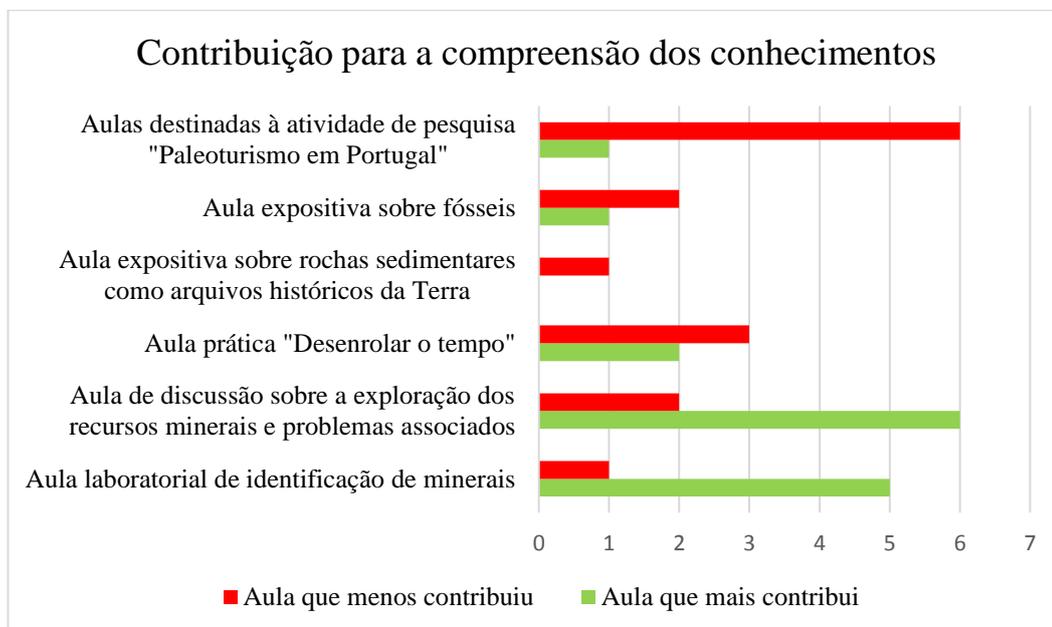


Gráfico 4 – Contribuição das diferentes aulas lecionadas para a compreensão dos conhecimentos trabalhados, na opinião dos alunos (n=15 alunos).

Como se pode constatar por observação do gráfico 4, a aula que gerou mais consenso pela positiva foi a aula de discussão sobre a exploração dos recursos minerais e problemas a ela associados, com 40% dos alunos a indicá-la como a que mais contribuiu para a compreensão dos conhecimentos trabalhados. Os motivos indicados para esta escolha foram o facto do tópico ser interessante e ser uma novidade para os alunos, tendo despertado a sua curiosidade (um dos alunos refere inclusivamente que “foi a única aula que expôs algo que eu desconhecia de todo, pelo que foi aquela em que mais aprendi”). Também referem que a estratégia utilizada foi cativante, permitindo uma exploração dos conteúdos mais aprofundada, com a discussão em turma a facilitar a consolidação dos conteúdos.

Dado que na altura da leção da aula também partilhei desta satisfação dos alunos em relação ao seu desenvolvimento, resolvi incluir algumas questões sobre a atividade no questionário de opinião, semelhantes às colocadas relativamente à atividade “Paleoturismo em Portugal”. Os resultados obtidos estão expostos no gráfico seguinte.

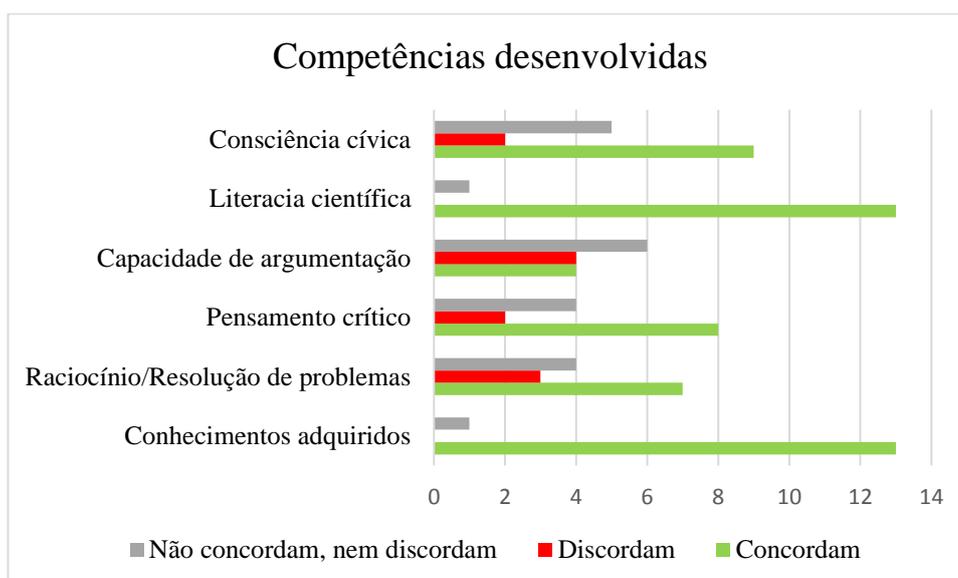


Gráfico 5 - Competências desenvolvidas através da atividade de discussão CTSA sobre exploração de recursos minerais e problemas a ela associados, na opinião dos alunos (n=14 alunos).

Ao observar o gráfico, constatamos que os resultados são muito positivos, com 93% dos alunos a afirmar que a atividade permitiu a aprendizagem de novos conhecimentos relacionados com a exploração dos recursos minerais, o mesmo número que refere que a discussão ajudou a perceber a importância de estar informado sobre questões que afetam a sociedade (literacia científica). Mais de metade dos alunos (64%) referem ter ficados mais sensibilizados para a necessidade de reduzir hábitos consumistas após a atividade (consciência cívica). Também o pensamento crítico, seguida do raciocínio e resolução de problemas foram competências que 57% e 50%, respetivamente, dos alunos pensam ter desenvolvido. O sucesso da atividade foi tal que a maioria dos alunos (71%) gostaria de ver debatidos em sala de aula mais temas como este, que envolvem questões do seu quotidiano.

Voltando ao gráfico 4, podemos observar que a aula indicada pelos alunos como a que mais contribuiu para a compreensão dos conhecimentos a seguir à anteriormente referida foi a aula prática de identificação de minerais, com cinco em 15 alunos a escolher esta opção. Os motivos que a justificam incluem o facto de trabalharem diretamente com os objetos de estudo, podendo observá-los e tocar-lhes, constituindo uma “abordagem diferente daquela que tiramos a vê-los apenas digitalmente”, na mesma linha indicam o facto de que as “atividades práticas rendem mais do que aulas expositivas”. Também o facto de ser uma atividade realizada em grupo é referido como

uma mais-valia. Um aluno que tem uma coleção de minerais referiu um motivo utilitário, com a atividade a ajudar a “aumentar o conhecimento sobre minerais e como distingui-los”.

Infelizmente, as aulas em que foi desenvolvida a atividade “Paleoturismo em Portugal” foram as que reuniram mais consenso pela negativa, com 40% dos alunos a avaliá-las como sendo as que menos contribuíram para a compreensão dos conteúdos trabalhados. O principal motivo apontado pelos alunos para esta escolha foi o facto de não terem percebido o objetivo do trabalho. Este resultado, por um lado, vem confirmar a importância da relevância dos assuntos a estudar para o sucesso das aprendizagens. Por outro lado, demonstra que houve uma falha da minha parte em fazer um *engage* eficaz dos alunos para esta atividade. A falta de tempo concorreu para esta situação, bem como sujeitou os alunos a uma pressão acrescida durante a realização do trabalho que, a meu ver, contribuiu para a imagem negativa com que alguns alunos ficaram da atividade. Apesar de tudo, o trabalho serviu o seu propósito inicial no âmbito do desenvolvimento de competências.

Todas as outras aulas, à exceção da aula expositiva sobre rochas sedimentares como arquivos históricos da Terra foram indicadas por um ou outro aluno como sendo a que mais contribuiu para a compreensão dos conhecimentos trabalhados em sala de aula, o que mostra a importância de se diversificar o tipo de atividades propostas.

De referir ainda que a opinião dos alunos quanto à aula prática “Desenrolar o tempo” vem confirmar a minha suspeita quanto ao seu sucesso parcial, já que quase tantos alunos a identificaram como a aula que mais contribuiu para a compreensão dos conhecimentos transmitidos quanto os que a indicaram como a que menos contribuiu. Relembrando o que referi anteriormente (ver reflexão Aula 5), esta atividade foi recebida com aparente desinteresse pelos alunos normalmente mais participativos e com melhores notas e com bastante mais entusiasmo por alguns alunos, mais introvertidos e com mais dificuldades. Segundo o questionário, os alunos que preferiram esta atividade afirmaram que tinha sido a atividade mais inovadora, que facilitou o entendimento dos conteúdos e ajudou a organizar as ideias em relação ao tempo geológico. Os alunos que não gostaram da atividade, referem principalmente aspetos práticos, como ter sido algo confusa, pelo facto de não conseguirem ter uma visão global da “régua do tempo” (porque “o papel percorria a sala inteira”) e de não ser possível todos estarem envolvidos na atividade ao mesmo tempo, nomeadamente, na marcação do tempo e da colocação dos cartões de eventos.

Relativamente à professora, analisando o questionário de opinião sobressaem alguns dados representados no gráfico seguinte.

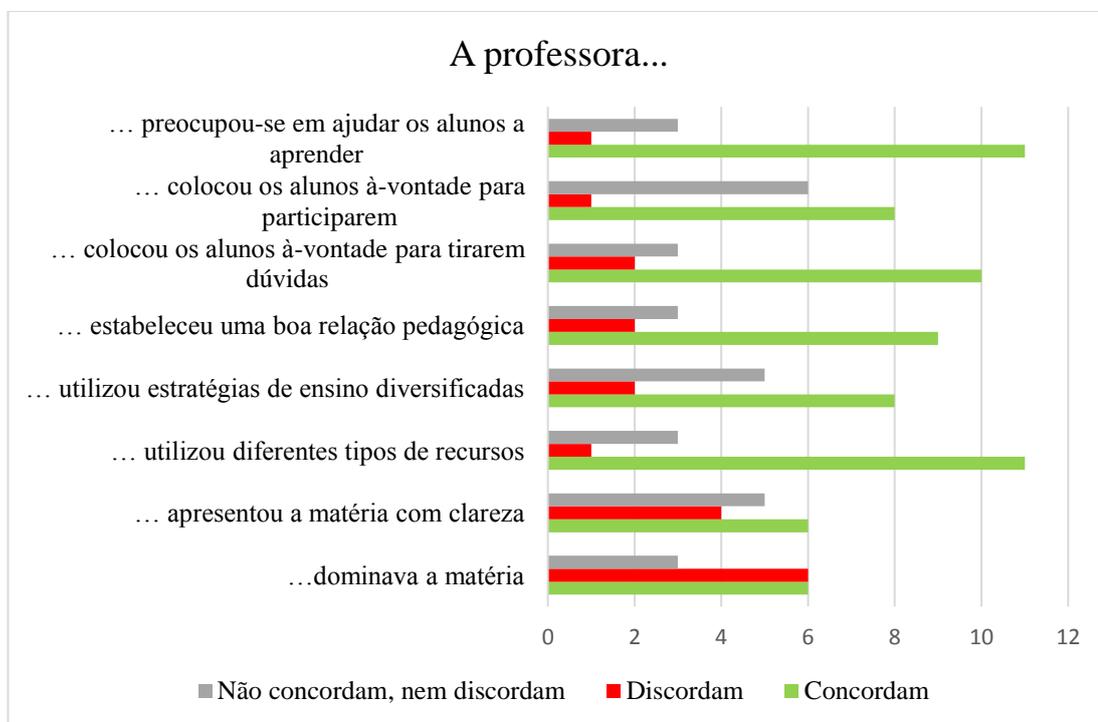


Gráfico 6 – Resultados do questionário de opinião relativamente à professora (n=15 alunos)

Em termos relacionais, a avaliação por parte dos alunos foi bastante positiva. Os aspetos que os alunos mais gostaram da forma da professora dar aulas incluíram, por exemplo, a “descontração a dialogar com os alunos”, a “boa disposição”, a “interação com os alunos”, a “vontade de ajudar os alunos a entenderem” ou o facto de “ficar confortável para colocar dúvidas”. Outros comentários positivos centraram-se na vertente pedagógica, tendo os alunos apreciado o “modelo interativo”, a “diversidade” de aulas, o facto de “apresentar vídeos”, realizar “aulas práticas” e “aulas apelativas”.

Contudo, nem todos os aspetos destacados pelos alunos foram positivos. De facto, de entre os alunos que optaram por exprimir a sua opinião de forma concreta, metade afirmou que a professora não dominava a matéria, apesar de a outra metade discordar. Os resultados são semelhantes quando questionados quanto à clareza da professora ao expor a matéria.

Alguns comentários acerca do que os alunos menos gostaram na forma de dar aulas da professora reforçam estas ideias, nomeadamente os que referem “cortes no discurso”, “esclarecimentos confusos”, “hesitação”, “alguma dificuldade em explicar”

ou “falta de rigor a nível científico e de maiores conhecimentos”. Outro aspeto que os alunos comentaram relacionou-se com a “repetitividade” e ao “tempo que demora a dar explicações”.

Relativamente às sugestões para melhoria prenderam-se com os aspetos que os alunos menos gostaram das aulas, indicando que a professora deveria ter um discurso mais fluído e ser mais rápida a dar explicações, “adquirir mais confiança”, “não ficar tão nervosa”, bem como “ter atenção ao tempo da aula, para que não fique matéria por lecionar e, caso isso aconteça, na aula seguinte começarmos onde acabámos, para ser mais fácil acompanhar” ou durante as aulas mais expositivas realizar “pequenas questões de consolidação”. Acrescento dois últimos comentários de dois alunos, um que refere o facto de a professora “falar de coisas que não precisamos” como o que menos gostou nas aulas lecionadas, e outro cuja sugestão de melhoria na forma de ensinar é “acrescentar informação além das normais”, apenas para ilustrar a dificuldade de agradar a todos os alunos ao mesmo tempo através de uma única atividade.

## 6. REFLEXÃO FINAL

---

Nesta secção pretendo fazer uma análise final sobre o trabalho de investigação levado a cabo durante a minha intervenção e uma reflexão sobre as aprendizagens realizadas que considero mais relevantes para a minha prática como futura professora.

A escolha do tema de investigação baseou-se numa curiosidade minha – o desejo de compreender como funciona a mente dos alunos no que toca a aprender, quais os entraves, dificuldades, promotores e facilitadores que influenciam a aprendizagem. Os resultados, apesar de à primeira vista parecerem um tanto ou quanto decepcionantes, não me desanimaram! Realmente fiquei a perceber melhor como os alunos aprendem! Fiquei a saber que não basta falar sobre os conteúdos. O facto dos alunos ouvirem o professor, acenarem com a cabeça e afirmarem que perceberam, não significa que tenham efetivamente aprendido. É preciso tempo e estratégias diversas para que os conteúdos sejam “interiorizados” e passem a fazer parte das estruturas mentais dos alunos. O professor não pode contentar-se com uma resposta negativa à pergunta bem-intencionada, mas muito pouco efetiva, “Alguém tem dúvidas?”. Precisa de monitorizar constantemente o que os alunos estão realmente a aprender e ajustar as suas estratégias de ensino em função do que as evidências indicam. Questionamento, resolução de exercícios práticos, resolução de problemas “reais”, criação de oportunidades para os alunos explicarem o que aprenderam à turma são exemplos de estratégias de ensino que servem este propósito, ao mesmo tempo que ajudam os próprios alunos a auto-regularem as suas aprendizagens, tomando consciência daquilo que já sabem e do que lhes falta saber.

As conceções alternativas detetadas e o facto de não terem sido desconstruídas por vários alunos confirmam o que a literatura refere sobre este assunto – as conceções alternativas são estáveis, resistentes à mudança e não necessariamente coerentes (Driver, 2000a). Estes resultados parecem ir ao encontro do que Driver (2000b) afirma: “só porque dissemos algo a alguém não significa que ela o tenha compreendido da forma pretendida” (p. 200). De facto, o simples facto de começarmos a falar de um assunto que não é novidade para os alunos, parece que os faz desligar o “chip da atenção”. E se deixam de prestar atenção como é que vão, em primeiro lugar, tomar consciência de que têm ideias erradas, em segundo lugar, aprender a forma cientificamente correta? O que os resultados do meu trabalho me sugerem relativamente às conceções alternativas é que o simples facto de se falar delas, mas

sem as abordar explicita e especificamente com o intuito de as desconstruir, até as acentua! O que é desconcertante, apesar de não totalmente inesperado... Portanto, se não basta falar sobre a matéria, é preciso encontrar formas de trabalhar especificamente as concepções alternativas, criando oportunidades para os alunos serem confrontados com o erro, tomarem dele consciência e reorganizarem as suas estruturas mentais de forma a dar um novo sentido a estes conhecimentos prévios, cientificamente incorretos.

A prática letiva foi rica em experiências. A fase de preparação das aulas foi bastante tensa, numa corrida contra o tempo para conseguir fazer o planeamento, procurar e desenvolver as melhores atividades a aplicar, preparar os recursos. Mas tudo valeu a pena no momento em que entrei na sala de aula e comecei a interagir com os alunos: foi um prazer imenso! Senti que foi um grande privilégio estar ali com alunos disponíveis para me ouvir e aprender comigo. A minha satisfação materializou-se nas opiniões dos alunos quanto ao que mais gostaram das minhas aulas do ponto de vista didático: “modelo interativo”, “diversidade” de aulas, “aulas apelativas”. Estes comentários foram o reconhecimento do esforço que coloquei para que as aulas fossem diversificadas e o menos expositivas possível. Outras opiniões, de foro mais pessoal, como a referência à minha “boa disposição”, à “vontade de ajudar os alunos a entenderem” ou a facilidade de “interação com os alunos”, foram o reflexo da importância que dou a dois aspetos que considero fundamentais para a aprendizagem e que procuro fomentar ativamente: uma boa relação pedagógica e um bom ambiente de aprendizagem. Para mim, estes são os pilares da aprendizagem. Podemos recorrer às formas mais didáticas, interessantes e interativas para lecionar que de nada servem se os alunos não gostarem de estar naquela sala de aula, com aquele professor, a aprender.

Na opinião dos alunos, as aulas que mais contribuíram para os seus conhecimentos foram as aulas práticas, *hands-on*, interativas, sobre temas que consideraram relevantes, como a aula de identificação de minerais ou a aula de discussão sobre a exploração de recursos minerais. Gostaria de salientar que não é a atividade *per se* que garante uma aprendizagem significativa (Scaife, 2000), mas sim o modo como ela é explorada. Desde a forma como a atividade é introduzida, incluindo a explicação do propósito e da relevância, passando pelo acompanhamento dos alunos durante a exploração da atividade, até à discussão final das conclusões a que chegam,

constituem passos fundamentais para fomentar a aprendizagem. Os resultados obtidos no questionário de opinião acerca da atividade “Paleoturismo em Portugal” vieram confirmar esta ideia. De facto, infelizmente, foi esta a atividade que os alunos identificaram como a que menos contribui para a compreensão dos conteúdos explorados. Apesar de ter havido algumas questões relativamente às condições do trabalho que foram alheias à minha vontade, o que é facto é que falhei ao nível do *engage* e do acompanhamento da atividade. Aprendi que quando o tema do trabalho é algo distante da realidade dos alunos, tenho de despende mais tempo a introduzir a atividade de forma a que possam compreender a sua relevância. Também aprendi que tenho de estar mais atenta enquanto os alunos desenvolvem o trabalho, monitorizar o seu progresso de forma concreta, não assumir que se tiverem dúvidas as colocam ou que, como são alunos de 11º ano, são perfeitamente autónomos. É preciso verificar se estão desmotivados, confusos ou perdidos ao longo da atividade. Se as condições não forem propícias, em termos de tempo disponível, recursos, motivação ou ambiente em sala de aula, qualquer atividade pode estar votada ao fracasso. O sucesso depende do planeamento e exploração da atividade antes, durante e depois da sua realização.

A aula “Desenrolar o tempo” dividiu as opiniões dos alunos, com alguns alunos a indicá-la como a atividade mais inovadora, que melhor ajudou a compreender os conteúdos trabalhados, e outros a nomeá-la como a menos útil em termos de aprendizagem. Os motivos indicados por este último grupo de alunos prenderam-se com a operacionalização da atividade (não conseguirem ter uma visão global da “régua do tempo”, não ser possível todos estarem envolvidos na atividade). Estes comentários fazem todo o sentido e penso que podem ser otimizados futuramente, por exemplo, realizando a atividade ao ar livre, utilizando uma corda ou mangueira, num ambiente em que os alunos se possam movimentar livremente.

Quanto aos resultados sobre a minha competência científica, em que metade dos alunos que exprimiram a sua opinião indicaram que eu não dominava a matéria, fiquei, naturalmente, perturbada, mas compreendo a razão de ser dos comentários, até porque efetivamente houve algumas vezes em que senti dificuldade em encontrar formas alternativas de explicar conteúdos mais complexos do que aquela que levava preparada. Porém não penso que em nenhuma altura me tenha faltado rigor científico, até porque quando não sei, não tenho problemas em reconhecê-lo (até talvez tenha sido essa minha atitude que levou alguns alunos a afirmar que não dominava a matéria). Mas foram aspetos focados pelos alunos aos quais terei toda a atenção em melhorar,

nomeadamente no sentido de me preparar melhor para cada aula, de encontrar formas alternativas de explicar aqueles conteúdos mais complexos, mais abstratos, e, portanto, mais difíceis de os alunos entenderem. Também numa tentativa de apresentar as minhas aulas com mais clareza, no próximo ano irei recorrer a esquemas, quadros-síntese, mapas mentais ou concetuais, de forma a facilitar a aprendizagem dos alunos.

Relativamente aos comentários sobre a minha “repetitividade” e ao “tempo que demoro a dar explicações, compreendo que seja fastidioso para os alunos que já perceberam continuarem a ouvir falar sobre o mesmo assunto... Querem avançar! É natural! Porém, se continuei a explicar foi porque senti que havia alunos que continuavam a lutar com determinado conceito, ideia ou exercício. Pelo que me fui apercebendo, os alunos estão habituados a que o ritmo das aulas seja ditado pelo que os alunos mais participativos (que coincidentemente são os melhores alunos) demonstram que sabem ao professor. Em primeiro lugar, tal não é indicador nem sequer do que a média da turma sabe, quanto mais do que aquilo que todos sabem, e o meu objetivo como professora é chegar a todos os alunos. Em segundo lugar, reflete a pouca sensibilidade destes alunos em relação aos seus colegas, com características, ritmos e níveis de aprendizagem diferentes e isso entristeceu-me bastante porque significa que não estamos a formar cidadãos conscienciosos e atentos do ponto de vista social.

Pessoalmente, a minha maior dificuldade, que me acompanhou durante toda a intervenção, foi a falta de tempo. Principalmente nas aulas de 50 minutos debati-me invariavelmente com cumprir o que tinha planeado no prazo estipulado. Penso que o planeamento não foi realista para estas aulas mais curtas. O modelo interativo é mais demorado a implementar do que o modelo transmissivo, portanto talvez pudesse ter eliminado a quantidade de exemplos fornecidos, talvez pudesse ter limitado a participação dos alunos quando estavam a falar de assuntos que não tinham interesse direto para a aula; talvez pudesse ter reduzido o número de atividades por aula (como no caso da aula “Desenrolar o tempo”). De qualquer forma, esta experiência foi fundamental para “descer à Terra” e colocar os pés mais assentes no chão, para de futuro planear de forma mais realista.

Outra dificuldade que senti foi a realização eficaz de momentos de síntese, de consolidação no final de cada aula, aspeto que foi inclusivamente referido nos comentários de um aluno no questionário de opinião. Para esta situação contribuiu a já referida falta de tempo, mas também o facto de não ter podido facultar os *powerpoint*

que fui apresentando ao longo das aulas aos alunos, algo de que não estava ciente quando fiz o planejamento. Se tivesse havido momentos de síntese (por exemplo, com a realização de esquemas, mapas mentais ou conceituais), através dos quais os alunos pudessem ter clarificado ideias, facilitar-lhes-ia as aprendizagens, com certeza. Apesar do manual conter as definições dos conceitos e alguns exemplos, o tipo de inferências trabalhadas ao longo das aulas não constavam do mesmo. Portanto, este é um outro aspeto a melhorar, a par da planificação das atividades mais adequada ao tempo disponível.

Destaco a avaliação como a área da minha intervenção que foi menos desenvolvida. Não sendo a minha turma, não me senti à vontade para interferir nesta área, optando por seguir o *modus operandi* da professora cooperante. Na minha opinião, as questões que constavam do teste de avaliação sumativa, que seguem o modelo de exame, acabam por não conseguir demonstrar o que os alunos sabem. Por um lado, porque as perguntas são extremamente específicas e, como tal, redutoras quando se pretende analisar as aprendizagens realizadas, por outro lado, porque muitas vezes os alunos falham a resposta não porque não sabem, mas porque têm dificuldades na interpretação das perguntas. Olhando *a posteriori* gostaria de ter feito a avaliação das aprendizagens de uma forma diferente, mais direcionada para os conteúdos que efetivamente lecionei. Mesmo um questionário de resposta múltipla sob a forma de um Kahoot ter-me-ia dados mais valiosos para analisar.

Gostaria de salientar uma outra questão, que me causou alguma angústia enquanto professora de 11º ano. Os exames são de tal forma marcantes que parece que o ensino secundário revolve à volta da classificação em vez dos objetivos preconizados nos documentos das Aprendizagens Essenciais, o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória e a Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania. Este foco quase obsessivo pelas notas, parece reduzir os professores a meros técnicos cuja função é treinar os alunos a responder acertadamente ao exame nacional. Como podem os professores, num ambiente que os pressiona a comparar, classificar, hierarquizar alunos,

*“dar mais espaço às visões do ensino como profissão e como arte, em que a criatividade se relaciona com o conhecimento e com uma diversidade de formas que podemos conceber para que os alunos aprendam”?* (Domingos Fernandes, 2022, p.7).

Esta pressão sente-se por parte de alunos, encarregados de educação, professores, escolas e sociedade, em geral. Como sociedade de cultura meritocrática, sem consideração pelas profundas desigualdades económicas e sociais, parece não haver um entendimento do que implica verdadeiramente um “ensino para todos”. A importância do professor reflexivo de que tantas vezes ouvi falar durante o mestrado (e cuja menção me cansava porque me parecia óbvia: que outro tipo de professor poderia haver?) ganhou outra força quando passei à prática e constatei que a reflexão é constante, é minuto a minuto enquanto a aula se desenrola, é diariamente enquanto se prepara a aula do dia seguinte, é semanalmente enquanto se procuram outras atividades que melhor se adequem às necessidades que vamos detetando naqueles alunos específicos. Os ajustes são permanentes, as “receitas que funcionam” não existem! E, não esquecer, que senti isto num contexto de alunos privilegiados, acompanhada por uma professora cooperante dedicada. Quando for para o “mundo real”, com certeza que os desafios serão muito maiores!

Ajudaram as conversas com os colegas, verificar que todos sentíamos o mesmo, ouvir os seus testemunhos, o que experimentaram, o que correu bem, o que correu menos bem, o que alterariam da próxima vez, conversas que me davam pistas e suscitavam imediatamente ideias para resolver os meus próprios problemas. Espero que essa partilha não desapareça com a vida a meter-se pelo caminho!

Só em jeito de despedida, gostaria de fazer menção a dois comentários contraditórios que surgiram no questionário de opinião acerca da minha forma de dar aulas. Um dos alunos referiu que o que menos gostou nas minhas aulas foi o facto de eu “falar de coisas que não precisamos”, como se a função do professor fosse apenas ensinar aquilo que é necessário para passarem ou terem boas notas no exame, visão tão simplista e empobrecida da missão da escola. Outro aluno sugere, como forma de eu melhorar as minhas aulas, que eu podia “acrescentar informação além das normais”. É interessante ver que uns alunos querem o “menu básico” (só aquilo que precisamos saber), mas para outros esse não satisfaz, querem o “menu *premium*”. Portanto, no fundo, não se consegue agradar a gregos e a troianos, pelo menos ao mesmo tempo... É por isso que ser professor não é só uma profissão, é uma arte!

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969
- Amado, J., Freire, I., Carvalho, E. & André, M. J. (2009). O lugar da afectividade na Relação Pedagógica. Contributos para a Formação de Professores. *Sísifo. Revista de Ciências da Educação*, 08, pp. 75-86. Consultado em maio, 2022 em <http://sisifo.fpce.ul.pt>
- Anderson, C. (2010a). Perspectives on science learning. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education – Volume I* (pp. 3-30). New York, NY: Routledge.
- Anderson, C. (2010b). Inquiry as an Organizing Theme for Science Curricula. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education - Volume I* (pp. 807-830). New York, NY: Routledge.
- Baptista, M. (2010). *Conceção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico* (Tese de Doutoramento não publicada, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal)
- Barriga, F. (2019). *Mineração sustentável e responsável em ambiente marinho profundo*. Consultado em 6 de maio 2022. Disponível em: [https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/51566/1/Mineracao\\_sustentavel.pdf](https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/51566/1/Mineracao_sustentavel.pdf)
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M. & Rumble, M. (2012). Defining Twenty-First Century Skills. In P. Griffin, B. McGraw and E. Care (Eds.) *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (pp.17-66). Springer
- Bybee, R. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21<sup>st</sup> century skills: a commissioned paper prepared for a workshop on exploring the intersection of science education and the development of 21<sup>st</sup> century skills*. Disponível em [https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse\\_073327.pdf](https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073327.pdf)
- Cachão, M. & Silva, C.M. (2004). Introdução ao património paleontológico português: Definições e critérios de classificação. Consultado em 17 de maio 2022. Disponível em: <http://paleoviva.fc.ul.pt/cmsbibliografia/cms061.pdf>
- Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2002). Perspetivas de ensino: caracterização e evolução. In *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências* (pp. 139-193). Lisboa: Ministério da Educação
- Carvalho, A. M. Galopim (2021). *As pedras na ciência e na cultura* (2ª ed.). Lisboa: Âncora
- Chagas, I. (1986). *Concepções alternativas e classe social. Um estudo sobre evolução em alunos do 7º ano de escolaridade*. (Trabalho apresentado no âmbito das provas de aptidão pedagógica e capacidade científica previsto na carreira docente universitária, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal)
- Corbin, J. & Strauss, A. (2015). *Qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (4th ed.). London: Sage
- Cruse, E. (2007). Using Educational Video in the Classroom: Theory, Research and Practice Multimodal Learning Styles Dual-channel Learning Motivation and Affective Learning. Disponível em

<https://www.safarimontage.com/pdfs/training/UsingEducationalVideoInTheClassroom.pdf>

- Dias, C. & Morais, J. (2004). Interação em sala de aula: Observação e análise. *Referência*, 11, 49-58.
- Doyle, P. (1996). *Understanding fossils: An introduction to invertebrate paleontology*. Chichester, England: Wiley.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5-12.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (2000a). Children's ideas and the learning of science. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas and the learning of science* (8th. ed.) (pp. 1-9). Philadelphia, PA: Open University
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (2000b). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas and the learning of science* (8th. ed.) (pp. 193-201). Philadelphia, PA: Open University Press.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions -- developments and trends. In *The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Misconceptions Trust: Ithaca, NY. Disponível em [http://www.mlrg.org/proc3pdfs/Duit\\_StudentConceptions.pdf](http://www.mlrg.org/proc3pdfs/Duit_StudentConceptions.pdf)
- Evagorou, M. & Osborne, J. (2010). The role of language in the learning and teaching of science. In J. Osborne & J. Dillon. (Eds.). *Good practice in science teaching: what research has to say* (2nd ed.) (pp.135-157). Berkshire: Open University Press
- Fernandes, D. (2022). Avaliar e aprender numa cultura de inovação pedagógica. Leya
- Freire, A. (2009). Reformas curriculares em ciências e o ensino por investigação. *Actas XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências – Educação e Formação: Ciência, Cultura e Cidadania*. Instituto Politécnico de Castelo Branco. Disponível em [http://apeduc.ipcb.pt/Livro\\_Actas%20XIII%20Enec.pdf](http://apeduc.ipcb.pt/Livro_Actas%20XIII%20Enec.pdf)
- Galvão, G., Reis, P., Freire, A & Oliveira, T. (2006). *Avaliação de competências em ciências: Sugestões para professores dos ensinos básico e secundário*. Porto: ASA
- Galvão, C., Faria, C., Gonçalves, C., & Baptista, M. (2016). Atividades investigativas e avaliação das aprendizagens: o contributo do projeto internacional SAILS.
- Gould, S.J. (1995). *A vida é bela*. Lisboa: Gradiva
- Grotzinger, J. & Jordan, T. (2014). *Understanding Earth* (7<sup>th</sup> ed.). New York, NY: Freeman
- Guffey, S. & Slater, T. (2020). Geology misconceptions targeted by an overlapping consensus of US national standards and frameworks. *International Journal of Science Education*, 42(3), 469-492. doi: 10.1080/09500693.2020.1715509
- Gutiérrez-Marco, J., Sá, A., Garcia-Bellido, D., Rábano, I. & Valério, M. (2009). Giant trilobites and trilobite clusters from the Ordovician of Portugal. *Geology*. 37(5), 443-446. doi: 10.1130/g25513a.1
- IAVE (2018). *PISA 2018 – Portugal: Relatório nacional*.

- IEUL (2016). *Carta Ética para a Investigação em Educação e Formação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa*. Diário da República, 2.ª série - N.º 52 - 15 de março de 2016. Disponível em <http://www.ie.ulisboa.pt/download/carta-etica-e-regulamento-da-comissao-de-etica>
- James, P. & Clark, I. (2006). Overcoming geological misconceptions. *Planet*, 17 (1), 10-13. doi: 10.11120/plan.2006.00170010
- Klein, C. & Dutrow, B. (2012). *Manual de Ciência dos Minerais* (23ª ed.). Porto Alegre: Bookman
- Leite, L. (2000). As atividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In M. Sequeira, L. Dourado, M.T. Vilaça, J.L. Silva, A.S. Afonso & J.M. Baptista (Eds.), *Trabalho prático experimental em ciências* (pp. 91-108). Braga: Universidade do Minho.
- Millar, R. (2004). Practical work. In J. Osborne & J. Dillon. (Eds.). *Good practice in science teaching: what research has to say* (2nd ed.) (pp.108-134). Berkshire: Open University
- Ministério da Educação (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Disponível em [http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto\\_Autonomia\\_e\\_Flexibilidade/perfil\\_dos\\_alunos.pdf](http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf)
- Ministério da Educação (2018). *Aprendizagens Essenciais de Biologia e Geologia de 11º ano*. Disponível em [http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens\\_Essenciais/11\\_biologia\\_e\\_geologia.pdf](http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/11_biologia_e_geologia.pdf)
- Monteiro, A., Nóbrega, C., Abrantes, I. & Gomes, C. (2012) Diagnosing Portuguese Students' Misconceptions about the Mineral Concept, *International Journal of Science Education*, 34(17), 2705-2726. doi: 10.1080/09500693.2012.731617
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press. Disponível em <http://www.csun.edu/science/ref/curriculum/reforms/nses/>
- Nelson, S.A. (2018). *Sediment and sedimentary rocks*. Tulane University. Consultado em 6 de maio 2022. Disponível em <https://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/sedrx.htm>
- Neves, M. C. & Carvalho, C. (2006). A importância da afetividade na aprendizagem da matemática em contexto escolar: Um estudo de caso com alunos do 8.º ano. *Análise Psicológica*, 2(XXIV), 201-215.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy* (2nd. ed.) Chichester, UK: Wiley-Blackwell.
- Perrenoud, P. (2001). *Porquê construir competências a partir da escola: Desenvolvimento da autonomia e luta contra as desigualdades*. Porto: ASA
- Prothero, D. (2004). *Bringing fossils to life: An introduction to paleobiology* (2<sup>nd</sup> ed.). New York, NY: McGrawHill
- Quivy, R. & Campenhoudt, L. (1998). *Manual de investigação em ciências sociais* (2ª ed.). Lisboa: Gradiva.
- Reis, P. (2004). *Controvérsias socio-científicas: discutir ou não discutir? – Percursos de aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida*. (Tese de doutoramento, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal)

- Rocard, M. (Coord.). (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Bruxelas: Comissão Europeia. Consultado em maio, 2022. Disponível em [https://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)
- Scaife, J. (2000). Learning in science. In J. Wellington, *Teaching and Learning Secondary Science* (pp. 62-108). Nova Iorque, EUA: Routledge.
- Silva, C.M. da (2005) - Guia do/a Professor/a. Exposição “Plumas em Dinossáurios! Afinal nem todos se extinguíram”. Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa. doi: 10.13140/RG.2.1.3995.1523
- Silva, C.M. da (2008b) - *Temas de Paleontologia: Fóssil Vivo*. Consultado em maio, 2022. Disponível em <https://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~cmsilva/Paleotemas/Fossilvivo/Fossilvivo>
- Silva, C.M. da (2009). Fósseis: na sala de aula e fora dela. Textos do XXIX Curso de Atualização de Professores em Geociências. Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, e Associação Portuguesa de Geólogos, Lisboa, pp. 77-82
- Silva, C.M da (2020a, maio 5). Homepage. Consultado em 2022, maio 6 em <https://www.youtube.com/watch?v=nSGQ-D5AaXc&t=27s>
- Silva, C.M. da (2020b, maio 29) Homepage. Consultado em 2022, maio 06 em <https://www.youtube.com/watch?v=DOZkP6i75A4&t=3s>
- Silva, C.M. da (2021a, julho 5) Homepage. Consultado em 2022, maio 06 em <https://www.youtube.com/watch?v=jPyMIjvYyjk&t=2s>
- Silva, C.M. da (2021b, setembro 1) Homepage. Consultado em 2022, maio 06 em <https://www.youtube.com/watch?v=FoDPecLRiFQ>
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2010). *The Rose Project – An overview and key findings*. Oslo: University of Oslo. Consultado em maio, 2022. Disponível em: <https://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf>
- Stanley, M. & Luczaj, A. (2015). *Earth System History* (4<sup>th</sup> ed.). New York, NY: Freeman
- Taylor, P. (2010). Contemporary Qualitative Research: Toward an Integral Research Perspective. In N. Lederman & S. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education - Volume II* (pp. 38-54). New York, NY: Routledge.
- UNSW (2016). Brainstorming. Disponível em <https://www.teaching.unsw.edu.au/brainstorming>
- Webb, Mary (2004). Technology-mediated learning. In J. Osborne & J. Dillon. (Eds.). *Good practice in science teaching: what research has to say* (2nd ed.) (pp.108-134). Berkshire: Open University

## 8. APÊNDICES

Nesta secção serão apresentadas as planificações aula a aula, os questionários realizados pelos alunos e os instrumentos de avaliação utilizados.

### 8.1. Planificações aula a aula

Aula 1 e 2 “Qual é o mineral, qual é ele?”	
<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Minerais e suas propriedades
<b>Conteúdos</b>	Conceito de mineral. Critérios que definem o que é um mineral: natural, sólido, inorgânico, cristalino, composição química definida. Propriedades físicas dos minerais – óticas (cor, risca, brilho), mecânicas (dureza, clivagem, fratura) e outras diversas – magnetismo, reação ao ácido clorídrico, sabor, cheiro, condutividade.
<b>Aprendizagens Essenciais</b>	Realizar procedimentos laboratoriais para identificar propriedades de minerais (clivagem, cor, dureza relativa, risca) e sua utilidade prática.
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li><li>• Raciocínio e resolução de problemas</li><li>• Relacionamento interpessoal</li></ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Atividade prática laboratorial
<b>Sumário</b>	Conceito de mineral. Propriedades físicas dos minerais. Identificação de minerais com recurso a uma chave dicotômica.
<b>Descrição detalhada de passos e atividades</b>	
<u>Abertura da aula (10 m):</u> - Visualização de um vídeo (2 min): <a href="https://www.pbslearningmedia.org/resource/buac16-612-sci-ess-nvlrsm minerals/minerals-lifes-rocky-start/">https://www.pbslearningmedia.org/resource/buac16-612-sci-ess-nvlrsm minerals/minerals-lifes-rocky-start/</a> - Através do questionamento, recuperar os conhecimentos que os alunos adquiriram nas aulas sobre classificação de rochas sedimentares, para chegar à noção de que os minerais são os “blocos de construção” das rochas e trabalhar a distinção entre rocha e mineral.	
<u>Desenvolvimento da aula (80 m):</u> - Através do questionamento, chegar ao conceito de mineral, englobando os cinco critérios que definem um mineral: natural, sólido, inorgânico, cristalino, composição química definida (recurso a PPT). - Visualização de um vídeo que ajuda a perceber a estrutura cristalina dos minerais: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=PgSRAsgrKmg">https://www.youtube.com/watch?v=PgSRAsgrKmg</a> (5 min) - Referência às principais propriedades físicas e químicas utilizadas para identificar os minerais (recurso a PPT).	

- Os alunos irão observar minerais\* e identificá-los com recurso a uma chave dicotômica (trabalho em grupo). Registo dos diversos passos até chegarem à identificação do mineral.

Fecho da aula (10 m):

- Verificar se os alunos têm dúvidas que não tenham sido esclarecidas ao longo da aula.

**Recursos/Materiais**

Quadro/giz; iPad/projetor; PPT; Amostras de mão de diversos minerais; Chave dicotômica; Escala de Mohs; Placas de cerâmica; Ácido clorídrico 5%.

**Observações**

Minerais a observar: magnetite, hematite, pirite, aragonite, calcite, halite, moscovite, biotite, olivina, quartzo.

Conceções alternativas a ter em atenção:

- Nem todos os minerais são cristais (porque associam cristal à ideia de transparência e faces planas, tipo diamante)
- Todos os cristais que riscam o vidro são diamantes

## Aula 3 e 4

### “Um mundo de minerais à nossa volta”

<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Minerais e suas propriedades
<b>Conteúdos</b>	Exploração de recursos minerais - necessidade e sustentabilidade. Elementos terras raras. Problemas associados à mineração. Mineração verde.
<b>Aprendizagens Essenciais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar dados relativos a processos de exploração de recursos geológicos (minerais, rochas, combustíveis fósseis, energia nuclear e energia geotérmica), potencialidades, sustentabilidade e seus impactes nos subsistemas da Terra</li> <li>• Formular e comunicar opiniões críticas, cientificamente fundamentadas e relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).</li> </ul>
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raciocínio e resolução de problemas</li> <li>• Pensamento crítico e pensamento criativo</li> <li>• Bem-estar, saúde e ambiente</li> <li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li> </ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Atividade prática “Um mundo de minerais no teu telemóvel” Discussão de cariz CTSA
<b>Sumário</b>	Importância dos minerais na nossa sociedade. Problemas associados à mineração e possíveis soluções.

#### Descrição detalhada de passos e atividades

##### Abertura da aula (15 m):

- Explicitar o objetivo da aula – abordar os minerais, mas de uma perspetiva sociológica: qual a sua utilidade? Qual a sua importância no mundo moderno? Quais os custos ambientais da sua exploração?
- Mapa mental no quadro de resposta à pergunta “Minerais: que aplicações?” (cada aluno dá um contributo).
- Visualização do vídeo  
<https://www.youtube.com/watch?v=eldJ22AfsO8> (5 min).

##### Desenvolvimento da aula (75 m):

- A partir do filme, responder à questão “Quais os principais problemas associados à produção e consumo de bens eletrónicos, como os telemóveis?”, com registo das principais ideias (trabalho a pares).
- Discussão em turma sobre as ideias encontradas.
- Atividade prática “Um mundo de minerais no teu telemóvel”: falar de alguns dos minerais que compõem o telemóvel, onde são utilizados, para que servem, onde existem no mundo. Análise do mapa anexo à atividade: “Que aspetos vos saltam à vista?”, orientando para a realidade da dependência da Europa de países como a China, Rússia, República Democrática do Congo, onde a mineração está associada a conflitos armados, trabalho-escravo, desrespeito pelas questões ambientais, etc.
- Análise de alguns dados sobre o aumento da procura esperado de certos minerais face à produção atual, para refletirem sobre a sustentabilidade dos nossos hábitos de consumo (problema exacerbado pelo facto de os países em vias de desenvolvimento, à medida que melhoram as suas condições de vida, adotarem os mesmos padrões de consumo que os países desenvolvidos), bem como da viabilidade da transição para tecnologias verdes (questão da exploração do lítio, por exemplo).

- Reflexão sobre as questões da exploração de recursos minerais vs sustentabilidade e proteção do meio ambiente através de uma breve discussão. “Parar a mineração será uma solução viável?”. Noções de “mineração verde”, “mineração responsável”.

Fecho da aula (10 m):

- Deixar uma última questão para reflexão: como podemos nós contribuir de alguma forma para mitigar este problema da escassez crescente de minerais?

**Recursos/Materiais**

Quadro/giz; iPad/projetor

## Aula 5

### “Vamos desenrolar o tempo!”

<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Reconstituição do passado da Terra
<b>Conteúdos</b>	Tempo geológico
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li><li>• Raciocínio e resolução de problemas</li><li>• Pensamento crítico e pensamento criativo</li></ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Atividade prática “desenrolar o tempo” com recurso ao rolo de papel higiénico.
<b>Sumário</b>	Tempo geológico e tabela cronostratigráfica

#### Descrição detalhada de passos e atividades

##### Abertura da aula (10 m):

- Visualização de um curto vídeo sobre a história da Terra  
[https://www.youtube.com/watch?v=H2\\_6cqa2cP4](https://www.youtube.com/watch?v=H2_6cqa2cP4)
- Apresentação do objetivo da aula: percebermos a imensidão do tempo geológico quando comparado com o tempo histórico (desde o aparecimento da vida humana)
- Apresentação do instrumento que iremos utilizar: um rolo de papel higiénico como fita cronológica.

##### Desenvolvimento da aula (25m):

- Questionamento aos alunos: Qual a idade que pensam que a Terra tem? Que eventos foram necessários ocorrer ao longo do tempo para que um planeta sem vida se tornasse no planeta rico e complexo que é hoje em dia?
- A partir das suas respostas chegar ao valor 4600 Ma para a idade da Terra, escrevê-lo por extenso no quadro, bem como os eventos que foram sugerindo (terei alguns desses eventos também escritos em cartões e cartões em branco para poder colocar outros eventos que os alunos sugiram).
- Antes de começar a desenrolar o papel higiénico é necessário definir uma escala (se o rolo tiver 250 folhas, cada folha corresponderá a cerca de 20 Ma, considerando a formação da Terra aproximadamente de 5000 Ma, para facilitar a contagem do tempo,  $5000/250=20$ ).
- Projetar a Tabela Cronostratigráfica para podermos ver como os geólogos organizam o tempo geológico. Falar um pouco acerca das suas divisões (falar do significado dos prefixos).
- O aluno numa das pontas da sala segura a ponta do papel e define-se que esse é o momento da formação da Terra, os alunos vão passando o rolo uns aos outros e marcando com um pequeno traço o rolo de 100 em 100 Ma, e escrevendo os 4000, 3000, 2000, 1000 Ma. À medida que forem passando os milhões de anos, vão vendo que eventos ocorreram e assinalando-os com os cartões correspondentes. Observar que quando chegarmos ao aparecimento da vida humana, ainda a conseguimos marcar, mas deixa de ser possível marcar mais eventos. É neste ponto que teríamos de mudar de escala, de geológica para histórica e usar outra “fita cronológica”!

##### Fecho da aula (15 m):

- Refletir sobre o resultado final. O que acharam mais surpreendente, mais estranho (o facto de quase 90% do tempo geológico ocorrer no Pré-Câmbrico? (pg. 252 Earth System History)
- Refletir sobre as diferenças entre tempo histórico e tempo geológico e sobre como surgem as divisões do tempo num e noutro caso.
- Pedir aos alunos para copiarem a tabela cronostratigráfica simplificada.

## Recursos/Materiais

Quadro/giz; iPad/projetor; Rolo de papel higiênico; canetas de feltro de várias cores; cartões de eventos

## Observações

### Eventos a assinalar nos cartões:

- Hadaico
- Formação da Terra há 4560 Ma
- Minerais zircão são os materiais datados mais antigos da Terra – 4400 Ma
- Arcaico
- Rochas continentais mais antigas – 4000 Ma
- Primeiras formas de vida há 3550 Ma (estromatólitos produzidos por organismos procariontes fotossintéticos - cianobactérias)
- Proterozóico
- Início da libertação do oxigénio na atmosfera (2400-2000Ma)
- Primeiras evidências de organismos multicelulares (icnofósseis com 900Ma)
- Primeiros organismos multicelulares (fauna de Ediacara – 600 Ma)
- Era Paleozóica
- Explosão Câmbrica (Big Bang biológico). Primeiros animais com partes mineralizadas - conchas ou carapaças (542Ma)
- Primeiras plantas terrestres (Ordovícico-Silúrico)
- Primeiros animais terrestres (Silúrico-Devónico)
- Primeiros vertebrados terrestres (Devónico tardio) – 420 Ma
- Primeiros dinossauros (Pérmico)
- Extinção em massa no final do Pérmico (80% das espécies marinhas) – 252 Ma
- Era Mesozóica
- Primeiras plantas com flor (angiospérmicas) – 125 Ma (Cretácico)
- Extinção em massa no final do Cretácico (60% espécies marinhas) – 66 Ma
- Era Cenozóica
- Aparecimento dos primeiros homínídeos – 5 Ma
- *Homo sapiens* – 0,2 Ma

Se tiver tempo falar um pouco como foi sendo criada a tabela cronostratigráfica (NdC)

## Aula 6 e 7

“Ler as rochas sedimentares – páginas incompletas de um livro em mau estado”

<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Reconstituição do passado da Terra
<b>Conteúdos</b>	Raciocínio geológico. Princípios estratigráficos (horizontalidade, sobreposição, continuidade lateral, inclusão, intersecção, identidade paleontológica). Tipos de informação que podemos extrair das rochas sedimentares (paleobiológica, paleoambiental e paleoclimática, paleogeográfica, eventos passados “catastróficos”, sequência de eventos, datação).
<b>Aprendizagens Essenciais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar princípios: horizontalidade, sobreposição, continuidade lateral, identidade paleontológica, intersecção e inclusão.</li> <li>• Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.</li> </ul>
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raciocínio e resolução de problemas</li> <li>• Pensamento crítico e pensamento criativo</li> <li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li> </ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Questionamento
<b>Sumário</b>	Rochas sedimentares como arquivos históricos da Terra. Raciocínio geológico e princípios estratigráficos.

### Descrição detalhada de passos e atividades

#### Abertura da aula (10 m):

- Relacionar o que foi falado na aula anterior (os vários eventos que os cientistas sabem que ocorreram desde que a Terra se formou até hoje) com o tópico da aula de hoje, através do questionamento – Como é que os geólogos sabem da existência dos eventos referidos? Porque dividiram o tempo naquelas secções?, Que métodos utilizam? Como pensam? \* Para que serve o estudo das rochas sedimentares? (orientando para que tipo de informações podemos retirar das rochas sedimentares?)

#### Desenvolvimento da aula (35 m):

- Rever os princípios do raciocínio geológico.  
 - Mostrar através de imagens e exemplos concretos o tipo de informação que podemos recolher a partir das rochas sedimentares (paleoambiental, paleoclimática, paleogeográfica, eventos passados “catastróficos”, sequência de eventos, datação).

#### Fecho da aula (5 m):

- Esclarecimento de eventuais dúvidas.

### **Recursos/Materiais**

Quadro/giz; iPad/projetor

### **Observações**

\* Explicitar que, ao contrário das outras ciências, não podemos reproduzir em laboratório experiências para percebermos como ocorrem os fenómenos geológicos devido ao fator tempo!!

<b>Aula 8 e 9</b> <b>“Para que servem os fósseis?”</b>	
<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Reconstituição do passado da Terra
<b>Conteúdos</b>	Conceito de fóssil, somatofóssil/icnofóssil, processos de fossilização, fósseis de idade, fósseis de fácies, a incompletude do registo fóssil
<b>Aprendizagens Essenciais</b>	Explicar a importância de fósseis (de idade/de fácies) em datação relativa e reconstituição de paleoambientes.
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raciocínio e resolução de problemas</li> <li>• Pensamento crítico e pensamento criativo</li> <li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li> </ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Visualização de um vídeo Nuvem de ideias Questionamento
<b>Sumário</b>	Introdução ao estudo dos fósseis. Conceito de somatofóssil e icnofóssil. Importância dos fósseis na datação e reconstituição de paleoambientes.
<b>Descrição detalhada de passos e atividades</b>	
<u>Abertura da aula (10 m):</u> - Realização de nuvem de ideias com a palavra “Fósseis” através da aplicação Mentimeter (Indicação aos alunos: escrever as primeiras 3 palavras que lhes ocorrem quando ouvem a palavra).	
<u>Desenvolvimento da aula (30 m):</u> - Visualização do vídeo (8 min) “Estudar fósseis? Para quê?” <a href="https://www.youtube.com/watch?v=cGKGUqXbcI0">https://www.youtube.com/watch?v=cGKGUqXbcI0</a> - Apresentação dos diferentes conteúdos através do questionamento, com o suporte visual de imagens ilustrativas. - Análise de um gráfico para compreensão do que constitui um bom fósil de idade ou um bom fósil de fácies.	
<u>Fecho da aula (5 m):</u> - Organizar o trabalho de grupo que decorrerá nas próximas aulas no âmbito da atividade “Paleoturismo em Portugal”.	
<b>Recursos/Materiais</b>	
Quadro/giz; iPad/projetor; vídeos; aplicação Mentimeter	

<b>Aula 10 e 11</b> <b>“Paleoturismo em Portugal – realização dos trabalhos de grupo”</b>	
<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Reconstituição do passado da Terra
<b>Conteúdos</b>	Diversos, relacionados com os fósseis, consoante as necessidades expressas pelos alunos
<b>Aprendizagens Essenciais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.</li> <li>• Explicar a importância de fósseis (de idade/de fácies) em datação relativa e reconstituição de paleoambientes.</li> </ul>
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informação e comunicação</li> <li>• Raciocínio e resolução de problemas</li> <li>• Pensamento crítico e pensamento criativo</li> <li>• Relacionamento interpessoal</li> <li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li> </ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Pesquisa e seleção de informação.
<b>Sumário</b>	Início da realização do trabalho (em grupo) acerca de alguns dos locais de maior interesse geológico**
<b>Descrição detalhada de passos e atividades</b>	
<u>Abertura da aula (15 m):</u> - Apresentação do tema do trabalho de grupo e qual o seu interesse. - Criação de grupos (5 grupos de 3 elementos e 1 de 2, escolhidos pelos alunos) e sorteio dos subtemas	
<u>Desenvolvimento da aula (80 m):</u> - Início da realização do trabalho: planeamento por parte do grupo, pesquisa (serão fornecidos sites para pesquisa e uma tabela que os alunos deverão completar com a informação relevante)	
<u>Fecho da aula (5 m):</u> - Ponto da situação relativamente ao trabalho – a tabela deve estar preenchida.	
<b>Recursos/Materiais</b>	
Quadro/giz; iPad/projetor	
<b>Avaliação</b>	
Tabelas preenchidas	
<b>Observações</b>	
<p>** Geosítios escolhidos: Centro de Interpretação Geológica de Canelas (Arouca Geopark), Parque Icnológico de Penha Garcia (Geopark Naturtejo), Bacia Carbonífera do Douro (representativos do Paleozóico); Dino Parque (aspirante a Geoparque Oeste), Monumento Natural do Cabo Mondego (representativos do Mesozóico); Formações miocénicas de Almada-Lisboa (representativas do Cenozóico).</p> <p>- Ter amostras de mão para ir mostrando aos diversos grupos enquanto estiverem a fazer o trabalho</p>	

Aula 12 e 13 “Paleoturismo em Portugal” – apresentação oral dos trabalhos de grupo	
<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Reconstituição do passado da Terra
<b>Conteúdos</b>	Jazidas fossilíferas portuguesas.
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informação e comunicação</li> <li>• Relacionamento interpessoal</li> <li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li> </ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Comunicação de um produto elaborados pelos alunos
<b>Sumário</b>	Apresentação oral dos trabalhos sobre “Paleoturismo em Portugal”
<b>Descrição detalhada de passos e atividades</b>	
<u>Abertura da aula (5 m):</u> - Definição da ordem das apresentações	
<u>Desenvolvimento da aula (80 m):</u> - Apresentação dos trabalhos de grupo	
<u>Fecho da aula (15 m):</u> - <i>Feedback</i> aos alunos sobre as apresentações.	
<b>Recursos/Materiais</b>	
Quadro/giz; iPad/projetor	
<b>Avaliação</b>	
Grelha de observação	

## Aula 14 “Pensar como um geólogo”

<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Reconstituição do passado da Terra
<b>Conteúdos</b>	Princípio das causas atuais e princípios estratigráficos (horizontalidade, sobreposição, continuidade lateral, inclusão, intersecção, identidade paleontológica). Datação absoluta e datação relativa.
<b>Aprendizagens Essenciais</b>	Aplicar princípios: horizontalidade, sobreposição, continuidade lateral, identidade paleontológica, intersecção e inclusão.
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raciocínio e resolução de problemas</li> <li>• Pensamento crítico e pensamento criativo</li> <li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li> </ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Análise das questões à luz do raciocínio geológico Questionamento
<b>Sumário</b>	Resolução de exercícios práticos

### Descrição detalhada de passos e atividades

#### Abertura da aula (10 m):

- Resumo dos conceitos mais importantes das aulas anteriores que serão trabalhados na ficha de trabalho.

#### Desenvolvimento da aula (50 m):

- Resolução de uma ficha de trabalho em turma – a um aluno, à vez, é pedido que leia o texto, a questão correspondente e faculte a resposta. As questões são analisadas nas suas partes constituintes, o raciocínio geológico é aplicado a cada uma dessas partes. Utilização do questionamento para essa análise. Promoção do espírito cooperativo, pedindo a colaboração dos colegas quando o aluno se encontra num impasse.

#### Fecho da aula (10 m):

- Proporcionar a oportunidade dos alunos colocarem eventuais dúvidas.

### Recursos/Materiais

Quadro/giz; iPad/projetor;

### Observações

Não esquecer de lembrar o princípio das causas atuais, sempre subjacente às nossas análises.

## Aulas 15 e 16 “Hora de balanços”

<b>Domínio</b>	Sedimentação e rochas sedimentares
<b>Subdomínio</b>	Reconstituição do passado da Terra
<b>Conteúdos</b>	Princípio das causas atuais e princípios estratigráficos (horizontalidade, sobreposição, continuidade lateral, inclusão, intersecção, identidade paleontológica). Datação absoluta e datação relativa.
<b>Aprendizagens Essenciais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesquisar e sistematizar informações, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos.</li> <li>• Explicar a importância de fósseis (de idade/de fácies) em datação relativa e reconstituição de paleoambientes.</li> <li>• Aplicar princípios: horizontalidade, sobreposição, continuidade lateral, identidade paleontológica, intersecção e inclusão.</li> </ul>
<b>Competências a desenvolver</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raciocínio e resolução de problemas</li> <li>• Pensamento crítico e pensamento criativo.</li> <li>• Saber científico, técnico e tecnológico</li> </ul>
<b>Estratégias e atividades</b>	Questionamento <i>Brainstorming</i>
<b>Sumário</b>	Consolidação de conhecimentos. Realização e correção do questionário de deteção de conceções alternativas. Realização do questionário de opinião.
<b>Descrição detalhada de passos e atividades</b>	
<u>Abertura da aula (20 m):</u> - Realização da nuvem de ideias através da aplicação Mentimeter, a partir da palavra “Fósseis” e posterior análise.	
<u>Desenvolvimento da aula (60 m):</u> - Realização do questionário de deteção de conceções alternativas e respetiva correção em turma (à vez, cada aluno responde a uma questão, havendo um momento de discussão se todos estão de acordo ou não, e porquê, em caso de desacordo).	
<u>Fecho da aula (20 m):</u> - Realização do questionário de opinião.	
<b>Recursos/Materiais</b>	
Quadro/giz; iPad/projetor; Aplicação Mentimeter	

## 8.2. Questionário de deteção de conceções alternativas

Este questionário está a ser realizado no âmbito da disciplina de Iniciação à Prática Profissional IV, do Mestrado de Ensino da Biologia e Geologia, com o objetivo de compreender que ideias têm os alunos sobre os fósseis quando iniciam o 11º ano. A sua colaboração é muito importante para conseguir perceber quais são os conceitos que tem mais dificuldade em compreender e tentar arranjar estratégias para lhe facilitar a aprendizagem. O inquirido é anónimo e os dados obtidos são confidenciais. Muito obrigada por participar!

Género: Feminino  Masculino  Idade: \_\_\_\_\_

Faça corresponder às afirmações seguintes um número de **1 a 5** de acordo com a seguinte chave:

**1** – Tenho a certeza de que a afirmação está ERRADA    **4** – Tenho quase a certeza de que a afirmação está CERTA

**2** – Tenho quase a certeza de que a afirmação está ERRADA    **5** – Tenho a certeza de que a afirmação está CERTA

**3** – Não tenho a certeza se a afirmação está certa ou errada

<b>O que é um fóssil?</b>	1	2	3	4	5
1-Os fósseis só são considerados como tal se disserem respeito a grupos biológicos já extintos					
2-Os fósseis só são considerados como tal se tiverem muitos milhões de anos de idade					
3-Só entidades outrora vivas, como plantas e animais, que sofreram mineralização é que são fósseis, os moldes, internos ou externos, formados a partir deles não são considerados fósseis					
4-Os túneis escavados por vermes antigos que ficaram preservados nas rochas são considerados fósseis					
5-Uma pegada de dinossauro jurássico é um fóssil					
6-Um conjunto de conchas enterradas naturalmente na areia da praia constitui um conjunto de fósseis					
7-Um conjunto de conchas enterradas na areia consolidada (arenito) constitui um conjunto de fósseis					
8-As múmias egípcias são fósseis					
9-Os corpos mumificados de mamutes preservados em solo congelado são fósseis					
10-Há organismos na atualidade que são fósseis vivos					
11-Há fósseis integrados nos pavimentos e paredes de edifícios da cidade de Lisboa					
12-Os fósseis dividem-se em fósseis de idade e fósseis de fácies					
<b>Como se forma um fóssil?</b>	1	2	3	4	5
13-É frequente encontrar fósseis em rochas magmáticas					
14-É frequente encontrar fósseis em rochas sedimentares					
15-É frequente encontrar fósseis em rochas metamórficas					
16-A fossilização inicia-se com a morte dos organismos (ou a geração de restos que podem fossilizar, como uma folha ou um dente)					
17-A fossilização inicia-se com o enterramento dos restos dos organismos					
18-Uma das condições necessárias para a fossilização ocorrer é a presença de oxigénio					
19-É necessário muito, muito tempo para se formar um fóssil					
20-É impossível haver fósseis em rochas magmáticas ou metamórficas					
21-Só há fósseis de partes duras de organismos (dentes, ossos, conchas, troncos)					
22-Para um geólogo, é fácil encontrar fósseis					
<b>Fósseis e evolução</b>	1	2	3	4	5
23-O registo fóssil apoia a Teoria da Evolução					
24-O registo fóssil é constituído apenas por experiências evolutivas mal-sucedidas					
25-Uma espécie quando se extingue é para sempre					
26-Uma espécie quando evolui é para sempre					
27-Uma espécie quando desaparece do registo fóssil significa que se extinguiu ou que evoluiu*					
28-Os fósseis mais antigos são de seres mais simples e os fósseis mais recentes são de seres mais complexos					
29-Os dinossauros estão todos extintos					
30-A <i>Archeopteryx</i> é um fóssil de transição entre os répteis e as aves					

31-Os humanos primitivos e os dinossauros existiram ao mesmo tempo					
<b>Fósseis e informação que estes facultam</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
32-O registo fóssil só serve para sabermos quando ocorreram as extinções em massa					
33-Os fósseis contam-nos tudo acerca do passado da Terra					
34-Há fósseis de <b>todos</b> os grupos biológicos que já existiram na Terra					
35-A partir dos fósseis e o contexto geológico onde estão integrados pode perceber-se se o organismo que o produziu era marinho ou terrestre					
36-A partir dos fósseis e do contexto geológico onde estão integrados posso descobrir a que profundidade aproximada os organismos marinhos que lhes deram origem viviam					
37-A partir dos fósseis posso saber a idade das rochas onde estes estão inclusos					
38-A datação das rochas através dos fósseis é menos exata do que a datação absoluta, porque é uma datação relativa					
39-É sempre possível datar as rochas através da datação radiométrica					

\* Esta questão, apesar de ter sido respondida pelos alunos foi removida da análise devido a uma má formulação da mesma (na prática, se a espécie deixou de existir, tendo ou não dado origem a outra, extinguiu-se).

### 8.3. Questionário de opinião

Este questionário está a ser realizado no âmbito da disciplina de Iniciação à Prática Profissional IV, do Mestrado de Ensino da Biologia e Geologia, com o objetivo de saber a tua perspetiva sobre a forma como decorreram as aulas por mim lecionadas. A tua colaboração é muito importante para me ajudar a ser melhor professora, por isso é importante que sejas o mais sincero possível! O inquérito é anónimo e os dados obtidos são confidenciais. Muito obrigada por participares! 😊

Género: Feminino  Masculino  Idade: \_\_\_\_

De entre as seguintes aulas que foram selecionadas, ordena-as no sentido da que julgas que foi mais útil para aprender os respetivos conteúdos para a menos útil:

- Aula laboratorial de identificação de minerais através de chave dicotómica.
- Atividade de discussão sobre a exploração dos recursos minerais e problemas associados.
- Atividade prática “Desenrolar o tempo”.
- Aula expositiva sobre as rochas sedimentares como fontes de informação (revisão dos princípios estratigráficos, vários exemplos de estruturas presentes nas rochas sedimentares que nos dão informações sobre os ambiente deposicionais, datação, sequência de eventos, etc.).
- Aula expositiva sobre os fósseis a partir da visualização do vídeo “Para que servem os fósseis?”
- Atividade de pesquisa “Paleoturismo em Portugal”

Mais útil \_\_ - \_\_ - \_\_ - \_\_ - \_\_ - \_\_ Menos útil

Porque pensas que a que escolheste em primeiro lugar foi a mais útil?

---

Porque pensas que a que escolheste em último lugar foi a menos útil?

---

De entre as seguintes afirmações, seleciona a opção que mais se aproxima do que pensas/sentes:

<b>Relativamente à atividade “Discussão sobre a exploração dos recursos minerais e problemas associados”</b>	Concordo totalmente	Concordo	Não concordo, nem discordo	Discordo	Discordo totalmente
O tema da atividade era interessante					
Com esta atividade aprendi novos conhecimentos relacionados com a exploração dos recursos minerais					
A atividade ajudou a desenvolver o meu raciocínio e a minha capacidade de resolver problemas					
A atividade ajudou a desenvolver o meu espírito crítico					
Depois desta atividade fiquei com vontade de saber mais sobre este tipo de questões					
Depois desta atividade fiquei mais sensibilizado para a necessidade de reduzir hábitos consumistas					
Tive dificuldade em participar na discussão, mas gostaria de o ter feito					

Não gostaria que a professora solicitasse a minha participação na discussão. Se quisesse participar fá-lo-ia espontaneamente					
Gostaria de ver debatidos mais temas deste tipo, que envolvem questões do nosso dia a dia					
Não vejo qual o interesse de realizar atividades cujo conteúdo provavelmente não vai sair no exame					

De entre as seguintes afirmações, seleciona a opção que mais se aproxima do que pensas/sentes:

<b>Relativamente à atividade “Paleoturismo em Portugal”</b>	Concordo totalmente	Concordo	Não concordo, nem discordo	Discordo	Discordo totalmente
O tema do trabalho era interessante					
Com este trabalho aprendi novos conhecimentos relativamente à história da Terra					
O trabalho ajudou-me a compreender melhor os conteúdos lecionados nas aulas anteriores					
O trabalho deu-me vontade de saber mais sobre o património geológico português					
O trabalho alertou-me para a necessidade de proteger o património geológico português					
O trabalho ajudou a desenvolver o meu raciocínio e capacidade de resolver problemas					
O trabalho ajudou a desenvolver o meu espírito crítico					
O trabalho ajudou a desenvolver a minha capacidade de trabalhar em equipa					
O trabalho ajudou-me a adquirir mais conhecimentos sobre fósseis					
Tive dificuldade em entender o objetivo do trabalho					
Tive dificuldade em realizar o trabalho através dos sites fornecidos para pesquisa					
Tive dificuldade em selecionar a informação relevante para preencher a tabela					
Tive dificuldade em fazer um <i>powerpoint</i> apelativo					
Tive dificuldade em realizar a apresentação oral					
Tive dificuldade em terminar o trabalho no prazo estipulado					
Tive dificuldade em trabalhar em grupo					

<b>Relativamente à professora</b>	<b>Concordo totalmente</b>	<b>Concordo</b>	<b>Não concordo, nem discordo</b>	<b>Discordo</b>	<b>Discordo totalmente</b>
A professora dominava a matéria do ponto de vista científico					
A professora apresentou a matéria de forma clara					
A professora utilizou recursos para ajudar à compreensão (imagens, analogias, exemplos, questões para reflexão)					
A professora utilizou várias estratégias para chegar a diferentes estilos de aprendizagem ou interesses dos alunos					
A professora estabeleceu uma boa relação com os alunos					
Senti-me à vontade para colocar as minhas dúvidas					
Senti-me à vontade para participar					
Senti-me à vontade para dar a minha opinião					
Senti a professora preocupada em ajudar-me a aprender					

O que mais gostaste na minha forma de dar aulas? \_\_\_\_\_

O que menos gostaste? \_\_\_\_\_

Que sugestões me podes dar para melhorar?

---



---



---



---

#### 8.4. Tabela de recolha de informação no âmbito do trabalho “Paleoturismo em Portugal”

<i>Informação a recolher</i>	<i>Grupo: Tema:</i>
<i>Localização geográfica</i>	
<i>Enquadramento geológico</i>	
<i>Estatuto de proteção</i>	
<i>Enquadramento cronológico</i>	
<i>Tipo de fósseis</i>	
<i>Interesse paleobiológico</i>	
<i>Informação paleoambiental</i>	
<i>Informação paleoecológica</i>	
<i>Informação paleoclimática</i>	
<i>Processo de fossilização dominante</i>	
<i>Outras informações</i>	

### 8.5. Grelha de avaliação das apresentações orais no âmbito do trabalho “Paleoturismo em Portugal”

Critérios/ Níveis de desempenho	Emergente (Suficiente)	Em desenvolvimento (Bom)	Proficiente (Muito Bom)
1. Saudação inicial; identificação da temática (1-3-5%)	Não saúda o auditório ou fá-lo de forma brusca ou pouco cordial. Não identifica a temática da apresentação, ou fá-lo de forma incorreta ou muito vaga.	Saúda o auditório. Identifica a temática da apresentação, ainda que com pouca clareza ou expressividade.	Saúda o auditório com cortesia e empatia. Identifica a temática da apresentação de forma clara e expressiva.
2. Desenvolvimento da temática (5-18-25%)	Aborda a temática de forma incompleta, fundamenta de forma superficial e/ou, por vezes, incorreta. Mobiliza, de forma pouco eficaz, apenas alguns dos conhecimentos explorados. Não organiza nem encadeia as ideias com recurso a conectores, limitando-se a justapor ideias de forma desarticulada e confusa.	Aborda a temática com uma fundamentação globalmente adequada. Mobiliza os conhecimentos explorados com alguma eficácia, ainda que pouco articulada. Organiza e encadeia as ideias com recurso a conectores geralmente adequados, embora pouco diversificados e com repetições.	Aborda a temática com uma fundamentação adequada e sustentada. Mobiliza os conhecimentos relevantes de forma articulada. Organiza e encadeia as ideias com conectores adequados e diversificados, sem repetições.
3. Correção do discurso (5-15-20%)	Utiliza um vocabulário geralmente pouco adequado e/ou repetitivo. Apresentação com algumas incorreções científicas ao nível dos conceitos ou das informações.	Utiliza um vocabulário pouco diversificado, mas adequado. Apresentação sem qualquer incorreção ao nível dos conceitos ou das informações.	Utiliza um vocabulário diversificado e adequado. Apresentação reveladora de um excelente domínio de conceitos e informações.
4. Apresentação da informação (5-15-20%)	Expõe as ideias de forma pouco clara e, por vezes, de forma confusa, afetando a coerência do discurso. Expressa-se oralmente com recurso exclusivo ou sistemático à leitura. Apresentação com alguns percalços e nem sempre eficaz na captação da atenção e do interesse da audiência.	Expõe as ideias de forma globalmente clara, ainda que, por vezes, de forma confusa, mas sem afetar a coerência do seu discurso. Expressa-se oralmente recorrendo algumas vezes à leitura. Apresentação com alguns percalços, mas eficaz na captação da atenção e do interesse da audiência.	É claro e expressivo no modo como expõe as ideias. Expressa-se oralmente sem recurso ou com recurso muito pontual à leitura. Apresentação bem ensaiada e eficaz na captação da atenção e do interesse da audiência.
5. Suporte audiovisual (5-10-15%)	Utiliza alguns elementos audiovisuais de fraca qualidade.	Utiliza elementos audiovisuais de qualidade, mas não os explora adequadamente.	Utiliza elementos audiovisuais de grande qualidade para apoiar ou

			realçar o conteúdo (imagens, gráficos, esquemas, vídeos).
6. Articulação entre os elementos do grupo (2-5-10%)	Fraca articulação entre os vários elementos do grupo.	Boa articulação entre a maioria dos elementos do grupo.	Excelente articulação entre os vários elementos do grupo.
7. Gestão do tempo (1-3-5%)	Realiza a apresentação não respeitando claramente o tempo indicado (por defeito ou por excesso).	Realiza a apresentação ultrapassando moderadamente o tempo indicado.	Realiza a apresentação no tempo indicado.

## 9. ANEXOS

### 9.1. Questões constantes do teste de avaliação sumativa

#### Grupo III

O *Grand Canyon* é um acidente geográfico situado nos Estados Unidos da América. Corresponde a uma depressão que o rio Colorado moldou durante milhares de anos à medida que as suas águas percorriam o seu leito, aprofundando-o ao longo de 446 km. Chega a medir 29 km de largura e atinge profundidades de 1600 metros. Cerca de 2 mil milhões de anos da história geológica da Terra foram expostos pelo rio, à medida que este e os seus afluentes foram expondo camada após camada. Das rochas expostas, as situadas mais abaixo são rochas ígneas e metamórficas, que formam um complexo Pré-Câmbrico, designado “xistos de Vishnu”: Como não há fósseis preservados nos xistos, não existe um método rápido para saber a sua idade geológica, apenas se sabe que se formou por metamorfismo de rochas sedimentares e ígneas, há muito tempo.

Acima do grupo de Vishnu está a série do *Grand Canyon*, um grupo de arenitos, calcários e argilitos intercalados, depositados originalmente como areias e argilas ao longo de rios, lagos e mares pouco profundos e separados do grupo de Vishnu por uma discordância angular, indicadora da ocorrência de um período de deformação.

Existe uma outra discordância angular entre a série do *Grand Canyon* e as formações sobrejacentes do Câmbrico, que é indicadora de um longo período de erosão. As formações seguintes, em direção ao topo do *Grand Canyon*, são as do Carbónico e do Pérmico, as primeiras com abundantes fósseis de plantas terrestres e as segundas, correspondentes a estratos do Pérmico, com pegadas de répteis terrestres primitivos. A estratificação entrecruzada e a presença destes icnofósseis sugere a deposição de areias em ambiente terrestre, possivelmente por ação do vento, num ambiente árido. As duas últimas formações deste período, constituídas principalmente por calcários, revelam deposição em ambiente marinho.

A figura 3 esquematiza um corte geológico, com algumas adaptações, da região do *Grand Canyon*. No lado direito da figura é feita referência ao registo fóssil.

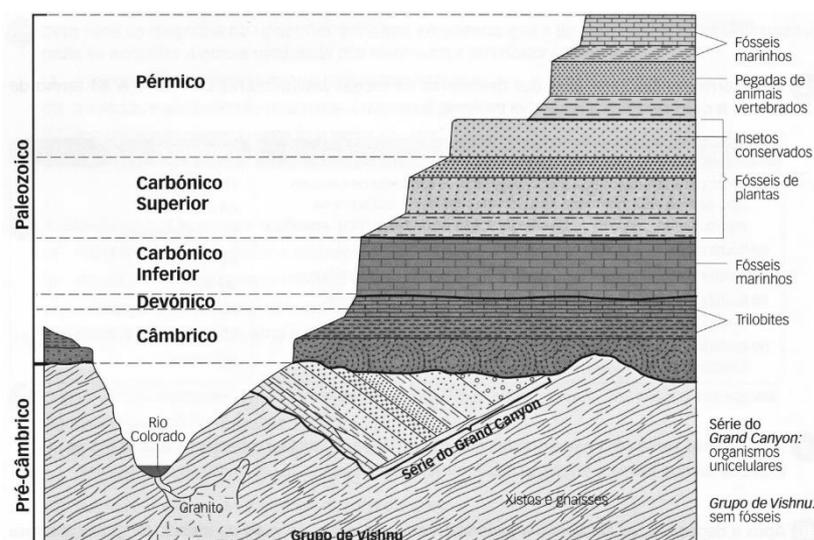


Fig. 3 - Corte geológico das unidades rochosas da sequência do *Grand Canyon*.

1. No decurso da formação do *Grand Canyon*, a sequência dos principais acontecimentos que explicam a sua história geológica é
- (A) erosão fluvial causada pelo rio - formação da série do *Grand Canyon* - formações sedimentares do Paleozoico.
  - (B) formação da série do *Grand Canyon* - erosão fluvial causada pelo rio - formações sedimentares do Paleozoico.
  - (C) formação da série do *Grand Canyon* - formações sedimentares do Paleozoico - erosão fluvial causada pelo rio.
  - (D) formações sedimentares do Paleozoico - erosão fluvial causada pelo rio - formação da série do *Grand Canyon*.
2. Tendo em conta o processo de fossilização dos insetos nos primeiros estratos do Pérmico, podemos inferir que
- (A) existiam árvores resiníferas na região, durante a formação do referido estrato.
  - (B) a região esteve coberta por um glaciar.
  - (C) existia muito material orgânico que conduziu a um processo de incarbonização dos insetos.
  - (D) o leito do rio seria lodoso, o que facilitou o processo de moldagem.
3. A ausência de fósseis nas rochas do grupo de Vishnu deve-se, provavelmente, à
- (A) impossibilidade de existirem fósseis em rochas metamórficas.
  - (B) erosão, que apagou parte da história do Câmbrico.
  - (C) deformação sofrida pelas formações deste grupo.
  - (D) inexistência de animais com partes duras no Pré-Câmbrico.
4. As trilobites são fósseis de artrópodes que permitem datar
- (A) estratos do Câmbrico e relacioná-los com ambientes sedimentares marinhos.
  - (B) estratos do Paleozoico e relacioná-los com ambientes sedimentares de transição.
  - (C) estratos do Paleozoico, devido à sua larga área de dispersão e ao facto de terem vivido por longos períodos de tempo.
  - (D) todos os estratos sedimentares do *Grand Canyon* e reconstituir os respetivos paleoambientes.
5. A série estratigráfica do Pérmico permite-nos inferir que, durante este Período, ocorreu uma
- (A) transgressão, seguida de uma regressão.
  - (B) regressão.
  - (C) transgressão.
  - (D) regressão, seguida de uma transgressão.
6. Foi possível reconstituir o paleoambiente eólico do Pérmico, devido à
- (A) presença de fósseis de fácies.
  - (B) caracterização da fácies da rocha.
  - (C) estratificação entrecruzada, exclusiva desta fácies.
  - (D) presença de fósseis de idade.

7. Faça corresponder cada uma das descrições expressas na coluna A ao termo da coluna B que identifica o respetivo princípio da estratigrafia ou conceito geológico.

COLUNA A	COLUNA B
(A) A ocorrência de areias graníticas no seio dos arenitos mostra que estes são posteriores à formação do granito.	1. Princípio da inclusão
(B) Torna possível a identificação das idades relativas entre os "xistos de Vishnu" e a intrusão granítica.	2. Princípio da sobreposição
(C) Permite fazer a correspondência entre os estratos dos dois lados do vale.	3. Princípio do atualismo
	4. Princípio da continuidade lateral
	5. Princípio da discordância angular
	6. Princípio da interseção

8. Nalguns locais do Grand Canyon é possível observar, à superfície, o estrato do Pérmico que contém os icnofósseis de répteis primitivos. Ordene as letras A a E, de modo a reconstituir a sequência de acontecimentos relacionados com a formação do referido estrato e com essa exposição.

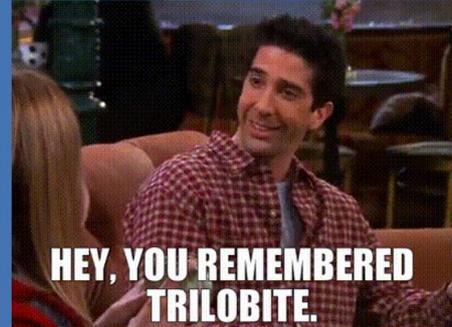
- (A) A erosão retira os sedimentos que preenchem o molde.
- (B) A alteração na direção predominante dos ventos deposita areias com uma orientação distinta da anterior.
- (C) Formação de contramoldes por deposição rápida de sedimentos.
- (D) São visíveis vestígios da atividade dos seres vivos preservados pela litogénese.
- (E) Répteis primitivos deslocam-se sobre o solo lamacento.

## 9.2. Exemplo de apresentação *powerpoint* realizada pelos alunos



# Curiosidade

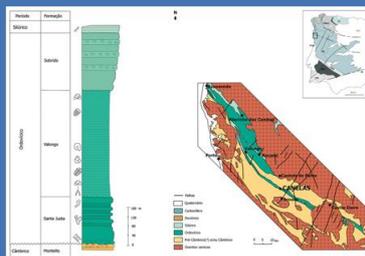
A grande parte dos filmes com aliens e alguns de terror, a maioria dos monstros são inspirados em trilobites.



## Museu das trilobites

Em 1 de Julho de 2006 nasceu o Centro de Interpretação Geológica de Canelas na freguesia de Canelas, e que hoje se destaca com um importante ponto pedagógico procurado por vários tipos de estudantes e pessoas.

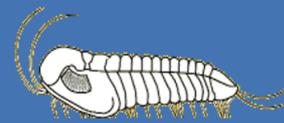
Neste museu pode se observar vários tipos de fósseis, mas o que se destaca são as trilobites que se distinguem como sendo os maiores exemplares do mundo.



## Se se encontram tantos fósseis no mundo o que que este museu tem de tão especial?

A diferença do Geopark de Arouca (estatuto máximo de proteção) para os outros museus tem a ver com o tamanho dos fósseis.

Normalmente, as trilobites têm cerca de 6 ou 10 cm, no entanto em Arouca foram encontradas em grandes dimensões nomeadamente superiores a 50 cm.



## Curiosidade

Até agora foram descobertas 19 espécies de trilobites e 2 delas são novas para a ciência





## Webgrafia

<http://aroucageopark.pt/pt/conhecer/geodiversidade/geossitios/colecao-de-fosseis-do-centro-de-interpretacao-geologica-de-canelas/>

<https://museudastrilobites.pt/>

<https://ensina.rtp.pt/artigo/trilobites-a-vida-na-terra-antes-dos-dinossauros/>

<https://www.youtube.com/watch?v=2V9TZSD3eqU&t=868s>

<https://www.publico.pt/2006/07/02/jornal/as-trilobites-gigantes-de-canelas-estao-a-sua-espera-86865>

<https://www.dn.pt/ciencia/biosfera/maiores-trilobites-do-mundo-encontradas-em-portugal--1227936.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=Aji2VnQFUCs>

# Fim

Alguém tem dúvidas?

**POV:  
YOU'RE A SENTIENT TRILOBITE DURING  
THE PERMIAN EXTINCTION**

