Rebelo, D., **Bonito, J.**, Marques, L., Morgado, M., & Trindade, V. (2018). Perspetivas sobre o ensino das geociências no 3.º ciclo do ensino básico. In F. Veiga (Coord.), *O ensino na escola de hoje. Teoria, investigação e aplicação* (pp. 145-184). Lisboa: Climepsi Editores

PERSPETIVAS SOBRE O ENSINO DAS GEOCIÊNCIAS NO TERCEIRO CICLO DO ENSINO BÁSICO

Dorinda Rebelo[1a] Jorge Bonito[2b,3], Luís Marques[3c]

Margarida Morgado[4d], Vítor M. Trindade[2e]

[1]Agrupamento de Escolas de Estarreja; [2]Universidade de Évora; [3]Centro de Investigação "Didática e Tecnologia na Formação de Formadores" da Universidade de Aveiro; [4]Escola Secundária de Viriato, Viseu; [5]Universidade de Évora.

[a]dorinda.rebelo@gmail.com; [b]jbonito@uevora.pt; [c]luis@ua.pt; [d]morgadommargarida@gmail.com; [e]vitormanueltrindade@gmail.com

Sumário

Este capítulo desenvolve-se segundo três eixos estruturante: os dois primeiros explícitos e o último implícito. O primeiro eixo corresponde ao enquadramento concetual da Educação em Ciência e à contribuição da Didática para o ensino das ciências. O segundo diz respeito às abordagens didáticas de temas de Geociências lecionados na disciplina de Ciências Naturais do ensino básico (7.º ano), para diferentes ambientes de aprendizagem – sala de aula, laboratório e campo – com apresentação de situações contextualizadas e enquadradas por indicadores da investigação em Didática das Ciências. O último eixo articula o quadro concetual com as abordagens didáticas elaboradas, através da sustentação das opções realizadas. Do cruzamento destes eixos emerge uma matriz de referência, como elemento facilitador do trabalho dos professores no planeamento das situações de ensino das temáticas de Geociências.

Palavras-chave: Educação em Geociências; Didática; Formação de Professores; Transposição didática.

1. Ciências, geociências e educação em ciências

O atual panorama geral para o ensino das ciências enquadra-se numa Educação em Ciência voltada para a formação de uma cidadania esclarecida, capacitada para compreender muitos dos permanentes desafios da sociedade. Nesta aceção, o ensino das ciências deve possibilitar o acesso a um conjunto de saberes e de saberes-fazer, que contribuem, através do desenvolvimento de uma perspetiva sistémica e articulada entre as várias áreas disciplinares, para a compreensão do mundo e da própria sociedade. Está, também, em causa a resolução de problemas, na procura do bem-estar do ser humano e da comunidade biótica, através da promoção de um desenvolvimento sustentável, da preservação do ambiente e do equilíbrio dinâmico do sistema Terra (Bonito, 2012). Mas para que o referi-

do acesso possa, de facto, ocorrer, também é necessário que no próprio ensino das ciências se configure uma verdadeira mudança concetual, no sentido epistemológico do termo, em relação a quadros tradicionais, ainda com alguns resquícios no contexto português (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002).

Com base nestas ideias, tem sido defendido, nas últimas três décadas, que o ensino das ciências, os saberes do dia-a-dia e os processos através dos quais os alunos aprendem, constroem e usam o conhecimento científico, desempenham um papel de relevo no sistema educativo. O modo como se aprende passou, entretanto, a ter uma posição de destaque, a par daquilo que se aprende. Nos processos de ensino e aprendizagem, a centralidade no aluno é absolutamente relevante. O objetivo primeiro do ensino é a promoção da aprendizagem e é o aluno que a realiza.

Atualmente preconiza-se que o ensino e a aprendizagem se organizem em redor de abordagens de natureza cognitivo-construtivistas. A aprendizagem pode ser descrita como sendo uma elaboração subjetiva, intrínseca à pessoa que aprende, resultado de processos experienciais, expressando-se pela modificação do sentimento, do pensamento, das atitudes e dos comportamentos, de modo relativamente estável. Mas essa construção pessoal é mais eficaz se for orientada por um certo ecletismo, capaz de articular indicadores emergentes de várias áreas do saber, e realizada numa zona de desenvolvimento proximal, em "janelas de aprendizagem", com um tutor como agente metacognitivo e considerando os pares como mediadores dessa aprendizagem (Fino, 2001).

A realidade das Geociências e o seu ensino ajusta-se bem aos pressupostos que acabámos de nos referir. Partimos da premissa que entender a forma como o sistema Terra funciona tem de ser um objetivo nuclear da escolaridade obrigatória. De facto:

a) habitamos um planeta que tem como identidade ser um sistema que está organizado em vários subsistemas interligados: geosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera;

b) adquirir uma visão global sobre a Terra é procurar desenvolver, através dos ciclos das rochas, da água, do carbono e da cadeia alimentar, e das correspondentes trocas de matéria e de energia, uma perspetiva multidimensional e pluridisciplinar;

c) reconhecer que a Humanidade faz parte integrante do ambiente é um marco importante para nos organizarmos responsavelmente e atuarmos de forma a vivermos em harmonia com as leis que regulam as relações intersistémicas;

d) perceber que as vertentes descritiva e explicativa das ciências que estudam a Terra conduzem a visões dinâmicas entre subsistemas permite uma interpretação científica, plural e inacabada, da evolução do planeta;

e) compreender que é importante o contributo dos saberes geocientíficos na sustentação de medidas políticas para uma nova ordem baseada em valores de partilha;

f) assumir medidas destinadas a impulsionar uma educação solidária (superadora de comportamentos centrados em interesses particulares) ou medidas tecnocientíficas (desde a procura de novas fontes de energia ao esforço para aprofundar o estudo e as consequências das variações climáticas) é prioritário na procura da sustentabilidade da vida na Terra.

Estas são ideias estruturantes do capítulo, em articulação com perspetivas epistemológica, psicológica e sociológica acerca do ensino das Geociências, em particular, em temáticas da disciplina de Ciências Naturais (7.º ano). Não foi intenção dos autores pronunciarem-se sobre a natureza dos atuais documentos de orientação curricular, particularmente o programa da disciplina e as respetivas metas curriculares.

1.1 Contributos da epistemologia, da psicologia e da sociologia para o ensino das Geociências

1.1.1 Da epistemologia

O desajuste entre as expetativas das grandes finalidades da educação científica acerca formação dos cidadãos e a realidade espelha-se, numa considerável rejeição das ciências pelos alunos, e nas suas perspetivas de ciência – por vezes dos próprios professores –, que enviesam os processos de construção do conhecimento, criando obstáculos à aprendizagem. É sabido que, o obstáculo assume um papel relevante no âmbito do conhecimento científico (Bachelard, 1977).

O primeiro obstáculo epistemológico a ultrapassar é a própria opinião, que é preciso modificar. A natureza de obstáculos deste tipo faz com que a rede de hábitos de pensamento seja, por vezes, resistente. Um outro obstáculo a ultrapassar, na formação do espírito científico, é a experiência primeira, aquela que antecede qualquer crítica. Estes conhecimentos são extremamente frágeis porque não são filtrados pela razão, correspondendo à aceitação imediata de situações que pertencem ao domínio da opinião. O conhecimento do geral é um obstáculo epistemológico ao conhecimento científico. Outro é o conhecimento unitário, ou seja, a ideia de uma natureza homogénea e harmónica, onde a experiência não se pode contradizer nem compartimentar, conduzindo a um pensamento anticientífico. Bachelard (1977) concluiu que todo o conhecimento científico é uma retificação do conhecimento primário, que não é mais do que um erro primário. No conhecimento científico, a maior fonte de erro reside na própria ideia de verdade (Morin, 1994). A verdade deve ser concetualizada como o entendimento que se tem de um determinado fenómeno, no momento, em consonância com a informação factual que se dispõe, validada pela comunidade científica.

Indicadores emergentes, também da psicologia e da antropologia, apontam para que na construção do conhecimento, o enquadramento concetual e a realidade concreta, o pensamento e a ação, isto é, a teoria e a prática, fazem parte de um sistema em que o conhecimento é visto como processo, no qual um sujeito dinâmico procura organizar uma realidade sempre em transformação. Para Bunge (1980), o conhecimento organiza-se em ordinário e científico, partindo o último de algum corpo de conhecimento já existente, porque "somente aqueles que veem podem dar-se conta de que lhes falta algo" (p. 18).

Para o conhecimento científico apontam-se cinco características: objetividade, afastando a afetividade e a subjetividade; positividade, com submissão à fiscalização da experiência; racionalidade, destacando a importância da construção intelectual; revisibilidade, não existindo posições definitivas; autonomia relativamente à filosofia e à fé.

Preferimos adotar algum distanciamento relativamente a certos indicadores, aparentemente de raiz mais positivista, já que, por exemplo, entendemos que a afetividade e subjetividade são intrínsecas ao investigador. Estas, sem obviamente esquecer a relevância da

prova (veja-se a sua importância no recente caso mediático da confirmação das ondas gravitacionais), são inerentes ao processo de construção do conhecimento científico – desencadeado por homens e mulheres – questionado pelos próprios criadores e tendo-os como beneficiários.

Infere-se, assim, um entendimento holístico da ciência – e da própria tecnologia – relativamente aos grandes problemas que se colocam à Humanidade como, de momento, sucede com os que afetam o ambiente. O reconhecimento das agressões contra o ambiente, devidas ao desenvolvimento incontrolado de aplicações científicas e tecnológicas sem preocupações, torna urgente, por um lado, levantar a voz, para perscrutar até que ponto a ciência não está a considerar o próprio ser humano como um objeto e, por outro, a desenvolver uma posição mais crítica ao poder e aos limites da ciência e da técnica.

Em termos educacionais, é desejável que todos se interroguem sobre a amplitude cultural da ciência. Os seus valores, que podem desvirtuar-se, devem ser considerados e avaliados na perspetiva de um equilíbrio sustentado. Uma educação científica que valorize atitudes de questionamento sistemático desenvolve-se em quadros filosóficos de natureza racionalista e psicológicos de matriz cognitivista, em confronto com posições empírico-positivistas. Aqueles quadros integram, como conceitos-chave: o pluralismo metodológico, a teoria como guia da observação, o conhecimento científico construído, a ciência enquanto atividade social, as ideias descontinuistas, a importância do erro e a valorização da hipótese.

Em relação à história da ciência, subscrevemos a tese defendida por Amador (2010): o conhecimento não deve ser desenvolvido separado do contexto histórico, "sendo este último particularmente importante na atribuição do respetivo significado epistémico" (p. 9). Reconhecendo que esta posição não é isenta de crítica, pois a sua utilidade pode não ser relevante por estar absorvida nas teorias atualmente aceites, perfilhamos, ainda assim, a ideia de que é necessário investigar o passado para compreender o presente e perspetivar o futuro.

Assim, epistemologia e história da ciência não serão despiciendas, particularmente na abordagem de certos elementos das ciências/Geociências, contribuindo, por exemplo, para: fomentar atitudes positivas relativamente à ciência, contrariando dogmatismos; compreender a natureza, metodologias e evolução científica; valorizar a dimensão humanista da ciência. Tudo isto, se adequadamente articulado, aponta ao reconhecimento da Educação como um *corpus*, onde, à semelhança de outros, é possível construir conhecimento científico e este é passível de ensino e de investigação (Trindade, 2003).

1.1.2 Da psicologia

O conhecimento das matérias, seja conhecimento declarativo ou procedimental, constitui alicerce para as demais construções e para a resolução de problemas. Neste domínio, a cognição e metacognição são apontadas como a consciência do que se sabe, a supervisão da própria aprendizagem e a aprendizagem de forma estratégica. Bonito (2012) resume as atitudes do professor e do aluno num processo de metacognição(Tabela 1).

Tabela 1 - Atitudes do professor e do aluno e num processo de metacognição.

METACOGNIÇÃO	DETERMINA O QUE É IMPORTANTE APRENDER
Professor	- Criar um ambiente que apoie o desenvolvimento do conhecimento em todas as suas formas. - Fomentar a autoconsciência do aluno. - Promover a autodireção do aluno.
Aluno	- Adquirir informação. - Consciencializar-se dos seus processos cognitivos. - Supervisionar o êxito da aprendizagem. - Identificar o objetivo das tarefas. - Monitorizar e avaliar a sua aprendizagem.

Rogoff (1990) considera que o desenvolvimento cognitivo, seguindo o exemplo de Lev Vygotsky (1896-1934), ocorre quando um adulto orienta uma criança nas atividades sociais que amplificam a compreensão das ferramentas da cultura predominante e da competência para usá-las. Considera-se que a colaboração entre colegas, e especialistas na área, é fundamental, pois dificilmente se aprende sozinho. A permuta de experiências e a partilha de reflexões é o caminho para gradualmente se desenvolver um ensino das ciências objetivamente preocupado em valorizar o pensamento.

Visando contribuir para a inquietação necessária à mudança, sugerem-se oito orientações que facilitarão uma aproximação ao desenvolvimento da construção do conhecimento e do pensamento reflexivo: a) converter a tolerância em regra básica; b) descentralizar as discussões; c) desenvolver um ensino "andaimado" e orientado para o treino; d) adotar uma visão alargada do conhecimento; e) estimular nos alunos o desenvolvimento de competências de pesquisa de informação; f) organizar o ensino de forma a favorecer a construção do conhecimento; g) empregar estruturas de discurso que fomentem a reflexão; e h) incentivar a turma a pensar criticamente.

Naturalmente que esta forma de encarar a educação científica ocorre numa matriz de natureza construtivista, a qual: procura fomentar uma aprendizagem autêntica tendo em conta atividades científicas que partem da vida real; traduz o conhecimento declarativo em competências procedimentais; fomenta a motivação dos alunos através da exploração de situações com significado para eles.

É neste enquadramento que Bonito (2012) coloca duas perguntas-chave: *"Que tipo de estratégias de ensino devem ser definidas? O que fazer com aquelas estratégias de aprendizagem que os alunos adquiriram em outras experiências ou em situações de educação não estruturadas?"* (p. 129). Reconhecendo-se, por exemplo, o excesso de confiança dos alunos no seu conhecimento prévio, preconiza-se que os professores se socorram de dois procedimentos didáticos para promover a aprendizagem: questionar as conceções epistemológicas dos alunos e incorporar o ensino com estruturas de apoio à construção do conhecimento, nas quais se utilizem atividades cooperativas e de reflexão orientadas para situações familiares.

Autores como, por exemplo, Mora (2014) entendem que entrámos num novo tempo de reflexão. Assim, atualmente concentram-se esforços e aproximam-se respostas a perguntas que emergem das neurociências e do ensino: O que sabemos do cérebro que possa ser utilizado pelo professor para melhorar as aprendizagens? O que sabemos do cérebro quando aprende e como o faz? O que sabemos do cérebro quando ensina e como o faz? Que funções cerebrais conhecemos hoje que sejam aplicáveis ao ensino? O que faz com que um professor se converta num professor excelente? As respostas a todas estas per-

guntas ainda não é possível obtê-las mediante o conhecimento atual das neurociências, embora já se possam esboçar algumas explicações novas.

A neuroeducação pode ajudar a potenciar o processo da criatividade e da aprendizagem de disciplinas específicas, como é o caso das Geociências, a partir do conhecimento que há das vias cerebrais diferentes através das quais se alcançam esses processos e a potenciação de umas ou outras "atenções" para ensinos específicos. Atualmente, reconhece-se que o processo de atenção não é um fenómeno neural único no cérebro e que existem mecanismos cerebrais que sustentam processos de atenção diferentes conforme o objeto a que se aplique a atenção. A neuroeducação veio, também, confirmar o papel do meio social, da família e da própria cultura como determinantes da capacidade de aprender, conhecida vulgarmente por neurocultura. Assim, a neuroeducação procura encontrar, com a ajuda das neurociências, vias através das quais se pode aplicar, no ato de ensino, os conhecimentos que já existem sobre os processos cerebrais da emoção, da motivação, da memória, da curiosidade, da atenção e das tomadas de decisão.

1.1.3 Da sociologia

É importante abordar, ainda que de forma sucinta, os contributos da sociologia para o ensino das Geociências, considerando a forte componente sociológica deste. Não é verdade que as relações professor-alunos são, também, sociais e culturais? Não deve o professor esquecer que o currículo – visto como programas, ou mesmo como manuais-matérias, normas, tempos, entre outras componentes (Roldão, 2015) – decorre de uma escolha a que aquele foi alheio e que traduz relações de forças entre o conhecimento e a cultura que interessa aos estratos sociais dominantes e o conhecimento e a cultura daqueles que a esses estratos não pertencem e que a escola, em geral, não contempla. Este fenómeno tem, necessariamente, reflexos no modo de atuar do docente, na linguagem que usa e nas estratégias de ensino que escolhe (Morais & Neves, 2003), pois o contexto social da aula terá de ser considerado. Trata-se, afinal, duma forma de complementar o entendimento do currículo como contribuição para a procura de respostas a questões sociais (Roldão, 2009). Assim, há que atentar às interações entre os alunos, às suas escolhas de parceiros e

aos papéis desempenhados por cada um nos grupos de trabalho que integram, orientando as tarefas para que todos possam fomentar a responsabilidade do grupo e de cada um em particular. É, também, importante incentivar o aparecimento de ideias e o debate sobre elas, estabelecendo laços de cooperação, de respeito e tolerância pelos outros, de abertura de espírito, de rigor e de honestidade intelectual. Enfim, desenvolver e consolidar uma atitude científica, a qual preside às relações entre os membros das comunidades científicas.[1]

Também é importante que quanto à perspetiva sociológica da imagem do cientista o professor tenha em consideração os estereótipos construídos pelos alunos. Na maioria dos casos, considera-se um cientista como a alguém do sexo masculino, com hábitos e costumes fora dos padrões normais de comportamento e muito centrado em si próprio. Ora, o perfil sociológico de cientista corresponde a uma individualidade comum – homem ou mulher – com qualidades e defeitos, com um trabalho específico e que se relaciona consigo próprio e com o mundo de formas diversas, mas que não configuram, seguramente, qualquer tipo de excentricidade. Em ciência, como em qualquer outra atividade humana, existe criatividade, perseverança, desânimo, ira, controvérsia[2] e convergência de ideias. Procurando rigor, a ciência não pode fugir à sua condição de processo humano.

O professor não pode abstrair-se, na imagem das Geociências que discute com os alunos, do contexto social específico. Não é por acaso que certas descobertas científicas ocorrem numa dada sociedade e num determinado momento histórico. É necessário que a sociedade considere relevante a investigação – o que também depende do respetivo desenvolvimento sociocultural – até porque é ela que tem de a financiar. A relação que se estabelece entre a comunidade de geocientistas e a sociedade que a acolhe constitui a componente *externa* da dimensão sociológica das Geociências. Juntamente com a componente *interna* – relações entre os membros da comunidade científica – constituem a contribuição sociológica para a construção do conhecimento geocientífico.

1.2 Do conhecimento científico ao conhecimento escolar

Os conteúdos que se ensinam – o chamado *conhecimento escolar* – requerem uma análise mais detalhada, tendo em vista a compreensão da sua natureza e das suas limitações. Chama-se aqui a atenção para a expressiva relevância deste tipo de conhecimento, o qual permite universalizar diferentes explicações de modo a que a escola cumpra uma das suas principais finalidades: desenvolver o conhecimento dos alunos. O conhecimento escolar tem origem, também, no conhecimento científico, associando as potencialidades tecnológicas disponíveis. A complexidade do conhecimento científico torna-o bastas vezes de difícil acesso e compreensão para alguns indivíduos, por se tratar de uma experiência marcada pela interpretação, pelo diálogo entre disciplinas e que pretende desenvolver no sentido do entendimento de um mundo situado e ecologizante (Morin, 1994). Este facto cria um problema nas sociedades democráticas modernas.[3] É por isso que há que ter preocupações com as políticas curriculares governamentais. Estas têm reflexos no ato educativo mas, consequentemente, ao nível do futuro contexto de trabalho dos atuais alunos. Consubstancia-se, assim, a já referida missão da escola. Tal conhecimento permitirá que os alunos não vivam abaixo do patamar de bem-estar dos seus antecessores e, porque o mundo não para, sirva de base para o elevarem já na sua geração.

Na passagem do conhecimento científico para o conhecimento escolar podemos considerar três patamares. A produção do conhecimento corresponde ao patamar mais elevado. No intermédio, há uma seleção do conhecimento a ser disponibilizado nas escolas, que se traduz na elaboração dos currículos escolares e, em geral, está a cargo do Ministério da Educação e/ou de instituições por ele consultadas. Finalmente, o terceiro patamar situa-se ao nível da escola, com a ação dos professores.

Chama-se *transposição didática* ao ajustamento ou transformação do conhecimento científico no conhecimento que as escolas oferecem aos alunos. É um processo no qual um conteúdo do "saber", que foi selecionado como "saber a ensinar", sofre um conjunto de transformações adaptativas, tornando-o objeto de ensino e matéria de aprendizagem. A transposição didática não constitui, apenas, uma simplificação ou uma adaptação do conhecimento científico produzido. Ela própria origina novos saberes, ao longo do processo.

De facto, a produção do conhecimento científico e a didática que a ele se aplica, não funcionam do mesmo modo. Estão interligados, mas são de natureza diferente. Para que o conhecimento científico seja ensinado terá de sofrer transformações, que vêm a constituir o processo da transposição didática. A Tabela 2 ajuda à compreensão desse processo.

Tabela 2 - *Relações no processo de transposição didática.*

O QUÊ?	POR QUEM?	FATORES DETERMINANTES	TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA
Produção científica	Cientistas, investigadores, instituições e centros de investigação,…	Fatores políticos, económicos, sociais e culturais	Transposição didática externa
Divulgação científica	Publicações, conferências e encontros científicos, práticas profissionais, comunicação social,…	Fatores políticos, económicos, sociais e culturais	
Currículos e programas escolares	Ministério da Educação, associações científicas e profissionais, cientistas e outros peritos	Política educativa + Práticas socioprofissionais + Valores dominantes na sociedade	
Manuais escolares e outros recursos didáticos	Autores, editoras, empresas especializadas, museus, associações científicas, outros interessados,…	Predominância dos fatores e interesses económicos	
O que é realmente ensinado	Professor	Formação profissional adequada + Conhecimento pedagógico dos conteúdos + Contextos escolares	Transposição didática interna
O que é realmente aprendido	Aluno	Fatores políticos, económicos, sociais e culturais + Contextos escolares	

Fonte: autores.

O processo de transposição didática não é fácil. Dada a natureza complexa da produção e dos resultados do conhecimento científico e a grande diversidade tecnológica neles envolvida, o próprio processo de divulgação começa por ser acessível, apenas, para especialis-

tas daquela área do saber, sendo necessário tempo para que o conhecimento seja incorporado pelas entidades interessadas na sua aplicação – o que origina *práticas socioprofissionais* específicas – disseminando-se depois por camadas mais vastas da sociedade. Atendendo à sua relevância social, económica e cultural, poderá esse conhecimento científico ser acolhido nos currículos e programas escolares, de acordo com os *valores predominantes* na sociedade, numa determinada época. Poderíamos dizer que a decisão, num primeiro plano, é de natureza didática, cabendo às equipas técnicas autorais dos programas das disciplinas a seleção dos conteúdos e a sua transformação curricular. Em última instância, a natureza da decisão é política, sob a mão ministerial que homologa os documentos. O acolhimento fica, ainda, dependente do ambiente e do espólio tecnológico disponível nas escolas, pois, se o ideal é aproximar o conhecimento escolar ao conhecimento científico, essa aproximação requer, não só, a fidelidade ao pensamento inicial, mas, também, a utilização de aparelhos tecnológicos, nem sempre acessíveis, ou disponíveis, em todas as escolas. Deste modo, dois fatores têm uma influência decisiva no processo de transposição didática: *o tempo* e a *tecnologia.*[4]

Estas reflexões reforçam a importância do papel do professor, pois, como último elo, é ele o elemento de ligação entre o currículo e os alunos. A relação do professor com o currículo e o conhecimento a transmitir mostra claramente que ao professor não basta ter o domínio do conhecimento científico.[5] Ele tem de possuir, também, saberes que lhe permitam compreender o currículo e, simultaneamente transformá-lo em conhecimento escolar, acessível aos seus alunos.

É aqui que assume especial relevância o conhecimento pedagógico dos conteúdos que o professor possui. Finalmente, no processo de transposição didática, não devemos esquecer os *contextos escolares.* A Figura 1 representa, esquematicamente, o processo da transposição didática e os dois principais fatores que o condicionam.

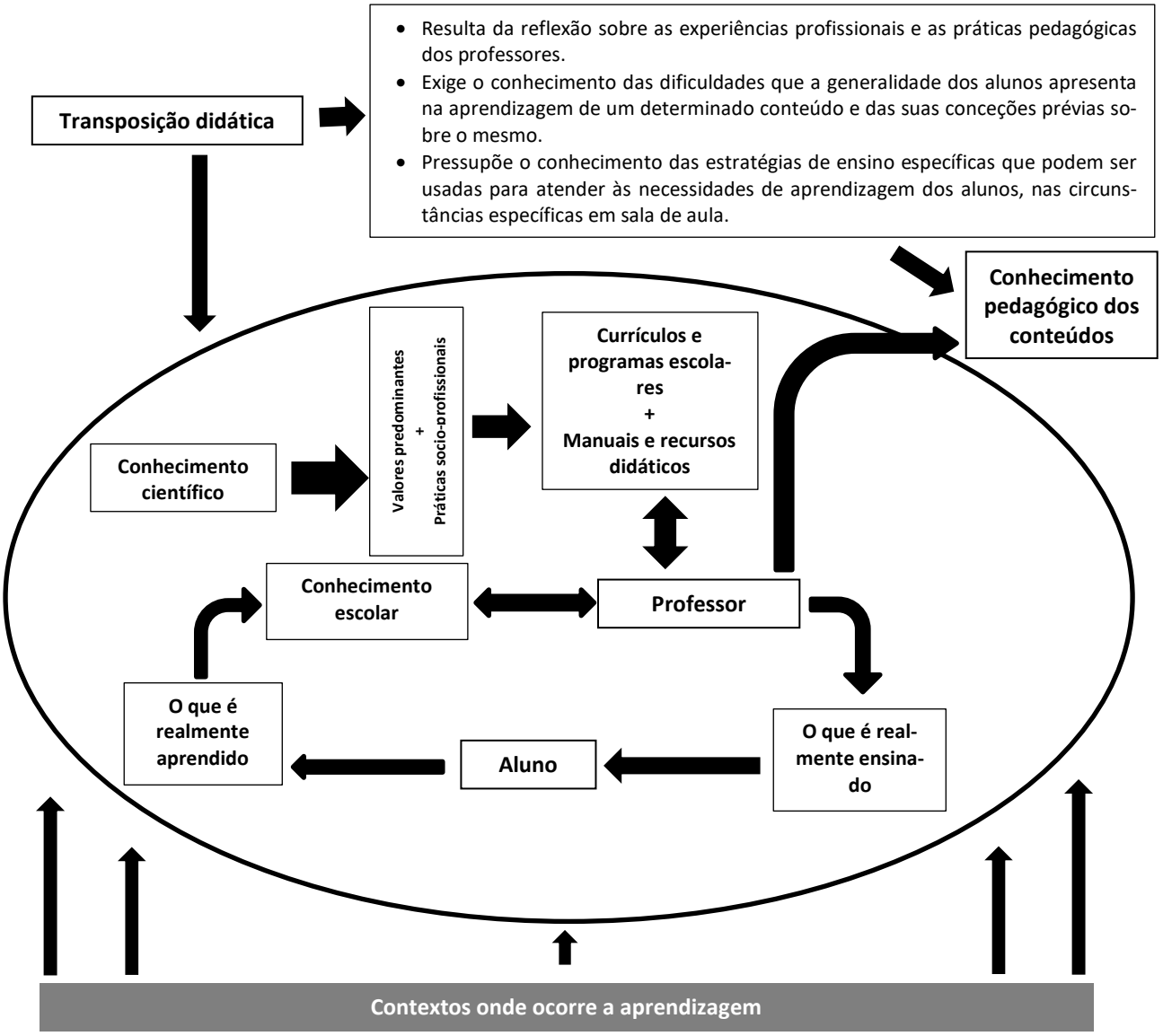


Figura 1. Representação esquemática da transposição didática e dos principais fatores que a influenciam. Fonte: autores.

Na verdade, a ação do professor pode ser limitada, não só pelas orientações da instituição escolar mas, também, pelos contextos físicos e emocionais em que exerce a sua profissão. No caso particular das Geociências, as dificuldades institucionais para as saídas de campo e as naturais complexidades colocadas pela própria natureza do conhecimento geocientífico, colocam constrangimentos que um laboratório de ensino, ainda que bem apetrechado, não consegue superar. Talvez o acesso facilitado a laboratórios virtuais, que simulem as condições das experiências possíveis e nas quais se possam manipular variáveis e ob-

servar os resultados, confrontando e debatendo ideias e interpretações sobre os mesmos, constitua uma solução desejável (Barbot, Pinto, Viegas, Santos & Lopes, 2015). De facto, a utilização das tecnologias de informação e comunicação pode potenciar a valorização das abordagens didáticas utilizadas pelo professor, pois, para além do conhecimento pedagógico do conteúdo que o professor apresenta, enriquece o contexto em que decorre o processo de ensino e de aprendizagem e reforça a centralidade do aluno no mesmo.

1.3 Contributos da didática para o ensino das Geociências

O pensamento de profissionais e académicos do ensino das ciências, a par das recomendações e pressupostos elaborados no seio de organizações supragovernamentais, como sejam a União Europeia, a OCDE, a UNESCO e a *ICSU*, permite que seja definido um conjunto de oito recomendações estruturantes que caracterizam, atualmente, as orientações para o ensino das Geociências, que vêm a ser: a) o ensino em contexto; b) o professor como mediador da centralidade dos alunos na aprendizagem; c) o trabalho prático; d) as relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA); e) a compreensão da natureza da ciência; f) a resolução de problemas; g) a articulação interdisciplinar e a interdisciplinaridade; e h) a avaliação das aprendizagens.

1.3.1 Ensino em contexto

A perspetiva construtivista do ensino das Geociências implica que o ensino seja contextualizado, integrando o desenvolvimento de aprendizagens de conceitos e de processos, de atitudes e de valores, de modo integrado e com um enquadramento que permita a leitura unitária do real. Neste campo, como se verá numa das secções seguintes, as abordagens CTSA têm sido indicadas pela investigação como estratégias adequadas para se conseguir a integração desejada.

O ensino em contexto requer a mobilização para a sala de aula de casos verídicos ou verossímeis com alguma atualidade, bem como a sua problematização com base em critérios de motivação dos alunos, conhecimento prévio e capacidade de resolução de ques-

tões pertinentes. Documentos de organizações supragovernamentais, já mencionadas, apresentam recomendações explícitas para a contextualização do ensino das ciências, de modo a que os alunos tenham sempre presente as conexões que existem entre os conceitos que aprendem e as suas experiências do quotidiano, as problemáticas da sociedade hodierna e a conscientização de aspetos históricos e sociais que, de algum modo, estiveram ou estão associados a esses conhecimentos (European Commission, 2004; Eurydice, 2011; UNESCO, 2012).

1.3.2 Centralidade dos alunos na aprendizagem e mediação do professor

A conceção construtivista do ensino e da aprendizagem parte da constatação de que a escola torna acessível aos alunos aspetos da cultura humana (cognitivos, psicomotores, socioafetivos), que são fundamentais para o seu pleno desenvolvimento enquanto pessoa. Considera, ainda, o caráter ativo da aprendizagem, aceite como uma consequência de um esforço pessoal, de uma construção individual, no qual intervêm outros sujeitos para além daquele que aprende. Por esta razão, este marco explicativo compagina-se com o acesso à cultura e aos desenvolvimentos individual e social. Constrói-se, mas ensina-se e aprende-se a construir com outros.

De acordo com a perspetiva construtivista da aprendizagem, o aluno é determinante na procura do significado, selecionando informação e construindo o que sabe. No sentido estrito, a conceção construtivista não deve ser considerada como uma teoria, mas antes como uma perspetiva explicativa que parte da consideração social e socializadora da educação escolar, integrando contributos diversos. O objetivo do ensino, a partir desta perspetiva, é potenciar a formação do conhecimento e dos processos metacognitivos para julgar, organizar e adquirir informação nova.

A capacidade dos alunos pensarem sobre as tarefas, procurarem e encontrarem informação relevante, organizarem as suas ideias e escreverem, tendo em conta a perspetiva dos potenciais leitores são dimensões muito importantes da metacognição, relacionadas com o âmbito da escola. Trabalhos de investigadores e organismos internacionais sustentam estas ideias, desafiando os professores a considerarem os interesses pessoais e sociais dos

alunos na definição de estratégias que deem a oportunidade de experiências mais relevantes, enriquecedoras e diversificadas na aprendizagem (Fensham, 2008; UNESCO, 2006). Procurando dar um contributo, Bonito (2012) sugere procedimentos do professor facilitadores de uma abordagem construtivista na aula: a) seleção de atividades que envolvam trabalho de campo; b) recolha de dados que favoreçam a observação; c) escolha de recursos materiais que permitam a interação com ambiente; d) integração nos *curricula* de trabalhos temáticos interdisciplinares; e) valorização da aprendizagem colaborativa e atividades de discussão na sala de aula.

1.3.3 Trabalho prático

Do ponto de vista dos autores, o trabalho prático (TP) – aqui entendido como correspondente ao que é efetuado no campo, no laboratório ou em atividades em que o aluno está ativamente envolvido (Bonito, 2001; Leite, 2000) – não vale por si. Mas vale sim, e muito, como elemento de estratégias desenhadas que tenham como finalidade aprender a pensar. Sublinhe-se que o TP e, muito especialmente, o trabalho de campo (TC) são, incontornáveis na aprendizagem das Geociências.

A exploração, pelo aluno, do meio natural, através das suas primeiras observações em ambientes exteriores à sala de aula (Marques & Praia, 2008) pensadas e, depois, interpretadas, passa pelas visitas ao campo, bem como a museus e centros de ciência. Tais ambientes permitem: contactar diretamente com o objeto de estudo, incentivando a curiosidade; desenvolver atitudes que percecionem o reconhecimento, por exemplo, da importância dos recursos naturais; e proporcionar um enquadramento cultural das ciências, explorando relações CTSA, usando ferramentas de forte conotação heurística.

O trabalho laboratorial inclui o uso de materiais de laboratório e, no caso do trabalho experimental, o controlo e a manipulação de variáveis. A motivação dos alunos, a aprendizagem de conhecimento concetual e procedimental, bem como a própria metodologia científica são algumas das suas potencialidades.

Este é o enquadramento que permite que as finalidades do TP sejam aqui lidas em três registos: crescimento dos alunos, permitindo-lhes uma panóplia de experiências desde a observação (sempre condicionada, também pelo quadro conceptual) à comunicação e avaliação, passando pela seleção, argumentação, ou inferência; apoio à abordagem de temáticas curriculares que se articulem com novos significados emergentes de respostas a questões; contribuição para sustentar atitudes de aprofundamento da cultura científica.

Apesar do exposto, e de uma larga maioria dos alunos considerarem que as atividades práticas tornam a aprendizagem das ciências mais entusiasmante, as evidências da eficácia do TP, como modo de aprendizagem do conhecimento científico, são difíceis de interpretar e algo inconclusivas (Hodson, 2000). Com base na bibliografia e na sua própria experiência, Bonito (2012) sublinha aspetos que deverão contribuir para potenciar estratégias de ensino que incluam atividades práticas. Assim, estas deverão, por exemplo, ser enquadradas numa matriz de natureza construtivista, evidenciar claramente as respetivas finalidades, valorizar experiências relacionadas com a vida dos alunos, incentivar o intercâmbio de ideias e de fontes de informação, promover a reflexão e a avaliação crítica dos resultados obtidos.

1.3.4. Relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente

A ciência e a tecnologia são hoje indissociáveis, conferindo identidade à sociedade atual e podendo contribuir para o ideário da sustentabilidade. O compromisso da investigação em Didática das Ciências com este enquadramento é revelado por alguns estudos nacionais (Galvão, Reis & Freire, 2011; Lopes, Paixão, Praia, Guerra & Cachapuz, 2007) e internacionais (Lee, Wu & Tsai, 2009). O número de publicações com estudos no âmbito da CTSA está a crescer, apontando para orientações curriculares centradas no desenvolvimento de conhecimentos de capacidades e atitudes úteis para a vida diária dos alunos e procurando envolvê-los numa maior responsabilidade social em processos coletivos de tomada de decisão sobre assuntos relacionados com a ciência e tecnologia (Aikenhead, 2009; Martins & Paixão, 2011).

Consideramos o contexto CTSA em três domínios: o dos programas; o dos recursos didáticos; e o da formação de professores. Neste capítulo, mais centrado nos últimos dois domínios, pressupõe-se que os programas permitem abordagens dentro desta matriz.

As perspetivas sobre o ensino das Geociências não podem ser exclusivamente referidas em termos de conteúdo, mas devem relevar igualmente as relações entre a ciência e tecnologia, bem como as responsabilidades de ambas para com a sociedade e o ambiente. Faz sentido aludir a uma situação concreta que mostra bem as correspondentes articulações, tal como o enorme impacto mediático alcançado.

Na mina de *San José*, no Chile, explora-se cobre e ouro, situando-se a 33 km a noroeste de Copiapó, na região norte do país. Em 5 de agosto de 2010, o desabamento de um bloco basáltico, com peso estimado em 8×10^5 ton, bloqueou o único acesso à mina, deixando enclausurados 33 mineiros, a 688 m de profundidade. As minas menores têm um maior histórico de acidentes, e a mina de *San José* é até mais pequena que a maioria das minas da região. Por isso, os empregados recebem salários mais altos que a média dos demais mineiros. Foi o pior acidente do país nas minas.

No dia seguinte, um grupo iniciou os trabalhos de resgate e instalou um tubo de ventilação. Porém, em 7 de agosto ocorreu um novo desmoronamento. A partir deste momento, somente maquinaria pesada poderia concluir o resgate, estimando-se que os trabalhos demorariam até final do ano de 2010. Em 22 de agosto os mineiros foram localizados com vida. Para o resgate, foi desenvolvido um projeto de perfuração de um poço, primeiramente com poucos centímetros de diâmetro, destinado à passagem de água, mantimentos e um sistema de comunicação. Mais tarde, o poço foi alargado, passando por ele a cápsula *Fénix II,* que permitiu içar, todos os mineiros, um por um, até à superfície, concluindo-se a operação em 14 de outubro. Na eventualidade deste acidente ter ocorrido alguns anos antes, as consequências teriam sido bem diferentes, por ausência da tecnologia que permitiu o maior resgate neste tipo de salvamento no mundo.

Exemplos como o anterior permitem aproveitamentos educacionais, como se verá na secção 2 deste capítulo, que ajudam os alunos a perceber como a aprendizagem das ciências,

em contextos CTSA, pode resolver situações familiares, pode mudar realidades sociais e ambientais e promove estilos de vida mais saudáveis. Nas sociedades democráticas, toda a pessoa, decorrendo da sua capacidade jurídica e dos compromissos ético-jurídicos, não se pode demitir do direito e da obrigação de se implicar nas grandes decisões que envolvam opções de natureza científica e técnica.

1.3.5 Compreensão da natureza das Geociências

As Geociências são, aqui, perspetivadas como um conjunto de ciências que se dedicam ao estudo do planeta Terra como um todo. Configuram-se, assim, num complexo sistema constituído pela hidrosfera, atmosfera, biosfera, geosfera e respetivas interações, em harmonioso equilíbrio. Não possuem o mesmo estatuto epistemológico das ciências empíricas, uma vez que muitos dos fenómenos que estudam não podem ser diretamente observados e o recurso à experimentação laboratorial, ainda que tenha vindo a tornar-se mais frequente, apresenta constrangimentos, por limitações de espaço, de tempo e das próprias condições físico-químicas em que se encontram os materiais litológicos. Assim, surgem naturalmente as questões: como se constrói o conhecimento nas Geociências? Que recursos devem ser utilizados nessa tarefa? Como se fez e faz a evolução desse conhecimento?

No debate das respostas a estas questões emergem as caraterísticas da forma própria de pensar em Geociências:[6] uma vez que o conhecimento não é apenas obtido de modo empírico – isto é, como não é possível experienciar muitos dos processos geológicos, não se validam conclusões exclusivamente de forma experimental – tenta-se obtê-lo através de interpretações coerentes com o que foi possível observar e com o que poderá ter ocorrido, a partir de pistas indiretas que os processos deixaram registados, como se de uma presunção se tratasse. Portanto, o conhecimento possui, simultaneamente, um caráter *hermenêutico* e um caráter *histórico*. Da conjugação de ambos, emerge o conhecimento em Geociências sem que, contudo, a numeracia seja abandonada, ou temida, no século XXI, como a contribuição da Geomatemática é exemplo.

Um geocientista trabalha a partir de dados observáveis à superfície como, por exemplo, as propriedades das rochas. Para lidar com o que não é observável, socorre-se de tecnologia (por exemplo, do mapeamento geofísico), forçando-o a tornar-se observável através da sua concretização em imagens, de diferente natureza: o mapeamento sismológico, origina uma imagem e o mapeamento gravimétrico, dá outra. É na interpretação de uma dessas imagens, ou na articulação das duas, que o geocientista trabalha, tentando chegar a uma explicação que seja consistente com o afloramento observado. Tem-se aqui, claramente, o carácter *hermenêutico* identificado. Mas o geocientista, na interpretação que faz, tem de integrar as suas conclusões num todo organizado. Assim, um afloramento não faz sentido em si mesmo; fá-lo-á, quando contribua para uma história mais global e seja parte integrante dela. É o carácter *histórico* deste tipo de conhecimento: não há, pois, uma preocupação com generalizações, mas antes a preocupação com uma explicação lógica e consistente com o observado.

Estas características do pensar são particularmente úteis para a faixa etária dos alunos que frequentam o terceiro ciclo do ensino básico, que é marcada pelo despontar da personalidade, com o fervilhar da imaginação e criatividade, da generosidade e dedicação e do idealismo e sentido crítico (Pruitt, 2000). Capazes de idealizar projetos, com um sentido apurado de justiça, em que as coisas tendem a ser encaradas como “brancas” ou “pretas” – não há “cinzentos” – estas crianças encontram-se numa fase de plasticidade mental (Carr, 2010). O estudo das Geociências potencia uma viva e atuante imaginação. Pode ser muito útil, facultando às crianças situações problemáticas – e até, misteriosas – apelativas ao uso da sua criatividade para encontrar soluções, e, simultaneamente proporciona-lhes a oportunidade de construírem narrativas, formulação plausível com o observado, fundadas nas informações disponíveis e sem contrariarem os registos históricos conhecidos.

1.3.6 Resolução de problemas

A partir da década de 1950 os cientistas da informática e os psicólogos cognitivos procuraram estabelecer um modelo geral de resolução de problemas (RP) aplicável em campos como a Física, as Geociências e o diagnóstico clínico. O modelo encontrado assenta em

dois pressupostos principais: o uso de um procedimento geral de RP e a supervisão metacognitiva por quem vai resolver o problema.

Têm surgido vários modelos de RP, sendo possível identificar cinco estádios comuns às várias propostas (Figura 2).

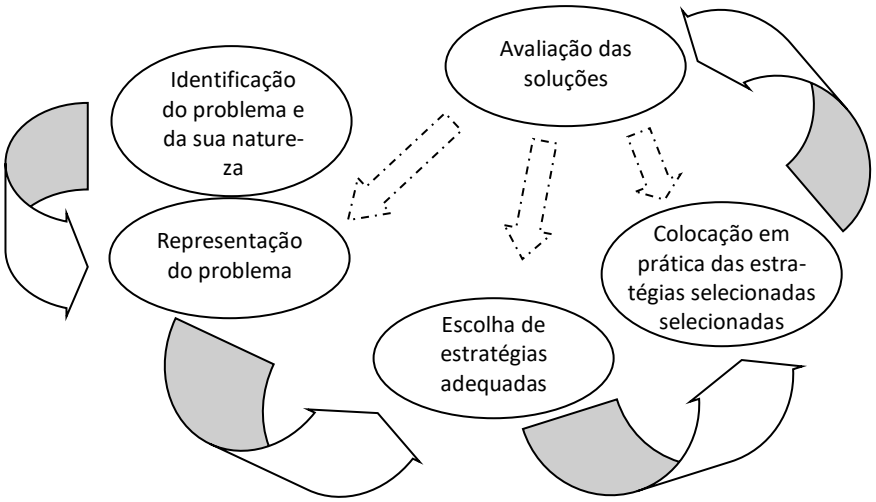


Figura 2 – Estádios de um processo de resolução de problemas. Fonte: Bonito (2012).

A inclusão do tracejado representa um esforço metacognitivo que, após resolver o problema, poderá determinar a sua reformulação e a replanificação ou a realização de novas experiências. A figura faz pressupor que se chega melhor à solução de um problema quando se compreende o processo básico de o resolver.

Alguns estudos parecem indicar que o ensino de RP tem um efeito benéfico nos alunos mais jovens. Outras investigações verificaram que os resultados são mais eficazes quando se associa à RP outras estratégias, seja a colocação de perguntas (Vasconcelos, Lopes, Costa, Marques & Carrasquinho, 2007), ou a metacognição (Neto, 1998). A metodologia de RP pode ter bons resultados como estratégia de mudança concetual, de organização do conhecimento e de investigação (Vasconcelos, Amador, Soares & Pinto, 2012).

1.3.7 Articulação multidisciplinar e interdisciplinaridade

Como referido na secção 1.3.5 as Geociências constituem, também, um campo de aplicação multidisciplinar de outras ciências como, por exemplo, da Física, Química, Matemática, Biologia ou História. É, então, natural que o professor assim as apresente, chamando a atenção para as interações que outras ciências estabelecem com o conhecimento geológico. Desde o estudo dos minerais aos fenómenos do vulcanismo, a Física e a Química estão presentes, assim como no estudo de estruturas fossilizadas, a Biologia e a História têm um lugar de destaque. Por exemplo, o estudo da narrativa de uma erupção vulcânica permite mobilizar diferentes ciências para explicar os fenómenos ocorridos. Por outro lado, consideramos que o caráter de interdisciplinaridade das Geociências permite a articulação com outras componentes científicas do currículo, podendo contribuir para aprendizagens significativas e para o reconhecimento da importância daquela nos estudos científicos.

1.3.8 Avaliação das aprendizagens

A avaliação das aprendizagens realizadas no ensino das ciências deve contemplar a avaliação de conhecimentos e de procedimentos, das habilidades práticas e de atitudes e valores (e outras categorias socio-afetivas) (Kempa, 1990). Assim, no que respeita à avaliação de conhecimentos é importante sublinhar que, para além da memorização de termos e conceitos, de convenções, factos, hipóteses e teorias é, também, necessário que os alunos sejam capazes de: explicar e interpretar conhecimentos científicos específicos, apresentados em suportes comunicacionais diversos; aplicar os conhecimentos a situações novas; e analisar, sintetizar e avaliar informação científica. O desenvolvimento de tais capacidades implica, respetivamente, a partição da informação nas suas partes constituintes, a sua reorganização numa estrutura nova e uma eventual avaliação da validade das afirmações fornecidas, ou subjacentes, nos enunciados e da logicidade e coerência das consequências que as mesmas implicam.

Já no que respeita à avaliação dos procedimentos, nota-se a importância das sete capacidades dos alunos, a seguir indicadas: a) ler, ou representar, a informação constante em gráficos, tabelas ou quadros; b) reconhecer relações entre dados experimentais, ou de

outra natureza; c) explicar factos ou fenómenos do quotidiano, baseando-se em leis, teorias ou modelos científicos e resolver problemas; d) identificar problemas que carecem de investigação; e) distinguir variáveis que precisam de verificação das variáveis que precisam de controlo; f) selecionar, ou elaborar, procedimentos experimentais a serem utilizados numa investigação em curso ou num trabalho de campo; e g) identificar potenciais fontes de erro, ou de variabilidade, nas medições efetuadas.

No que respeita às habilidades práticas, os procedimentos de avaliação podem seguir quatro fases (Bonito, 2001): a) planificação (formulação de questões, previsão de resultados, formulação de hipóteses a testar, planificação experimental dos procedimentos); b) *performance* (condução de experiências, manipulação de materiais e equipamento, fazer previsões sobre investigações técnicas, observação e recolha de dados); c) análise e interpretação (processamento de dados, explicação de relações, desenvolvimento de generalizações, examinar a fiabilidade da informação, apurar obstáculos e limitações, formulação de novas questões baseadas nas investigações); d) aplicação (fazer previsões de novas situações, formulação de hipóteses com base nos resultados da investigação, aplicação das técnicas a novos problemas).

Finalmente, no que concerne à aprendizagem de atitudes e valores, importa avaliar: a) o desenvolvimento do interesse pelas ciências, em geral, e pelas Geociências, em particular, nomeadamente na aplicação dos conhecimentos aos problemas do quotidiano, numa perspetiva CTSA; b) a aquisição de rotinas de segurança nos procedimentos laboratoriais, experimentais ou de campo; c) o rigor na informação recolhida, nomeadamente honestidade e integridade no registo dos dados; d) e a capacidade de trabalhar em grupo.

Notar que os instrumentos de avaliação das aprendizagens em Geociências não se podem resumir aos testes de papel e lápis. Devem utilizar-se vários formatos, nomeadamente, fichas de observação, questionários de atitudes, listas de verificação, escalas de pontuação com critérios (Kempa, 1990), guias de inferência de campo.

2. ABORDAGENS DIDÁTICAS

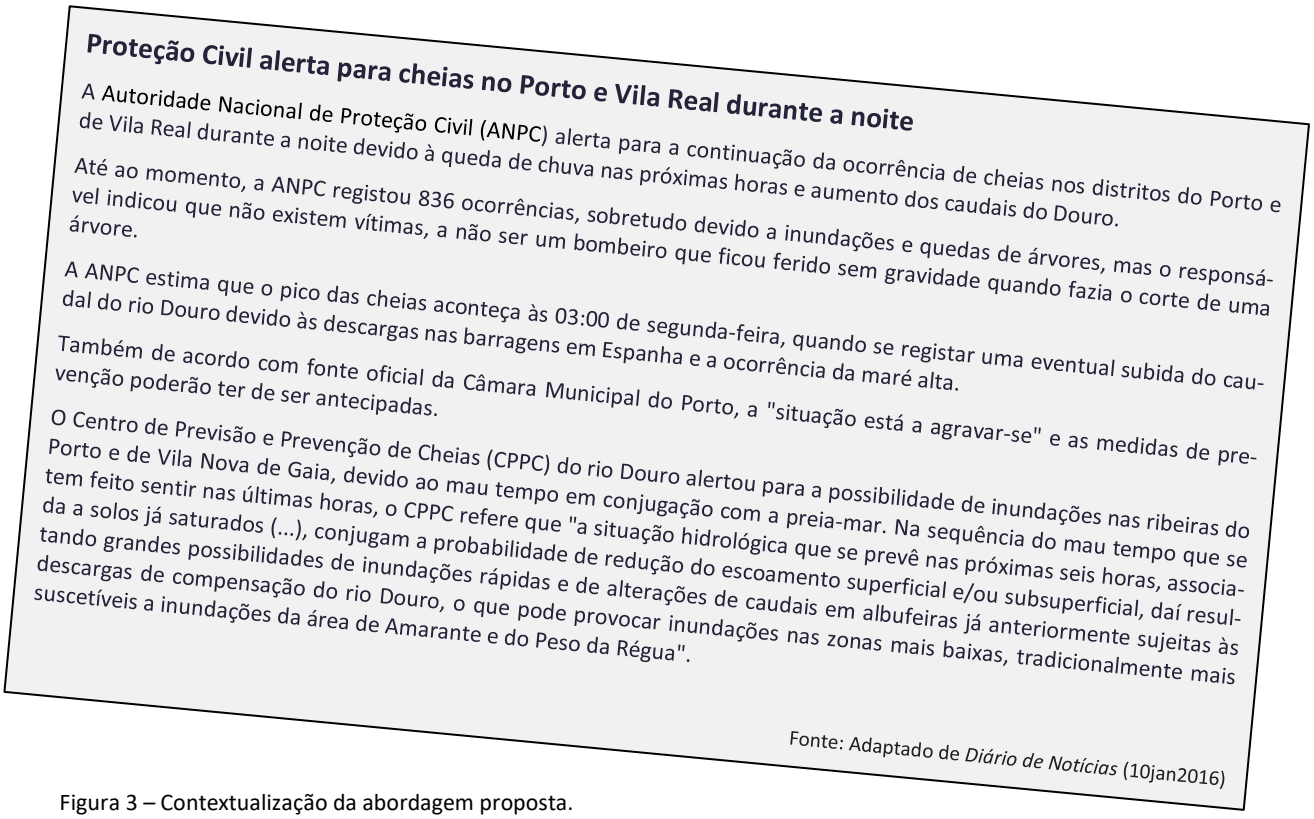
Nesta secção são apresentados exemplos de transposições didáticas que partem de algumas situações do quotidiano dos alunos. Integram diferentes tipos de TP, sugerem a utilização de espaços de aprendizagem diversificados e incorporam sugestões da investigação em Didática das Ciências. Foram tidos, em consideração, os documentos curriculares oficiais (ME, 2001; MEC, 2013). As abordagens enquadram-se nos conteúdos programáticos da disciplina de Ciências Naturais (7.º ano). A efetivação destas propostas assume-se como forma de os alunos encontrarem respostas para as questões que emergirem das situações problema apresentadas, concretizando as explanações efetuadas nas secções 1.3.3 e 1.3.4.

Cada abordagem didática apresenta: a) um contexto real, relacionado com a temática em estudo; b) exemplos de questões-problema, que podem emergir desse contexto; c) exemplos de atividades práticas, que permitem desenvolver capacidades de natureza cognitiva, procedimental e atitudinal; e d) exemplos de recolha de informação, que fomente a procura de respostas às questões formuladas. Pretende-se que os alunos aprendam conhecimento geocientífico e compreendam a sua importância enquanto elemento contributivo para a resolução das questões do quotidiano. Em consequência, é objetivado que reconheçam que esse conhecimento pode contribuir para a sua valorização pessoal, a formação integral e o desenvolvimento da cidadania. Destaca-se que consideramos importante que os alunos conheçam melhor os contextos em que estão inseridos, identificando neles novas situações problemáticas das quais podem emergir outras questões problema orientadoras de futuras aprendizagens.

2.1 Dinâmica externa da Terra e formação de rochas sedimentares

Esta abordagem didática potencia finalidades curriculares atuais para, a partir da temática da formação das rochas sedimentares, ajudar a perceber a utilidade do conhecimento escolar, como foi assinalado na secção 1.3. A análise começa com uma notícia sobre chei-

as (Figura 3), uma problemática que pode afetar o quotidiano, frequentemente veiculada pelos media evidenciando manifestações da dinâmica externa da Terra.



Proteção Civil alerta para cheias no Porto e Vila Real durante a noite

A Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC) alerta para a continuação da ocorrência de cheias nos distritos do Porto e de Vila Real durante a noite devido à queda de chuva nas próximas horas e aumento dos caudais do Douro.

Até ao momento, a ANPC registou 836 ocorrências, sobretudo devido a inundações e quedas de árvores, mas o responsável indicou que não existem vítimas, a não ser um bombeiro que ficou ferido sem gravidade quando fazia o corte de uma árvore.

A ANPC estima que o pico das cheias aconteça às 03:00 de segunda-feira, quando se registar uma eventual subida do caudal do rio Douro devido às descargas nas barragens em Espanha e a ocorrência da maré alta.

Também de acordo com fonte oficial da Câmara Municipal do Porto, a "situação está a agravar-se" e as medidas de prevenção poderão ter de ser antecipadas.

O Centro de Previsão e Prevenção de Cheias (CPPC) do rio Douro alertou para a possibilidade de inundações nas ribeiras do Porto e de Vila Nova de Gaia, devido ao mau tempo em conjugação com a preia-mar. Na sequência do mau tempo que se tem feito sentir nas últimas horas, o CPPC refere que "a situação hidrológica que se prevê nas próximas seis horas, associada a solos já saturados (...), conjugam a probabilidade de redução do escoamento superficial e/ou subsuperficial, daí resultando grandes possibilidades de inundações rápidas e de alterações de caudais em albufeiras já anteriormente sujeitas às descargas de compensação do rio Douro, o que pode provocar inundações nas zonas mais baixas, tradicionalmente mais suscetíveis a inundações da área de Amarante e do Peso da Régua".

Fonte: Adaptado de *Diário de Notícias* (10jan2016)

Figura 3 – Contextualização da abordagem proposta.

Partindo da exploração da notícia, em aula, os alunos podem ser confrontados com questões como, por exemplo:

Como explicar a ocorrência de cheias no Porto/Gaia e em Vila Real?

De que modo as cheias condicionam a vida das populações locais?

Que medidas podem ser adotadas para minimizar este tipo de situações?

Que alterações nas dinâmicas do rio Douro e do oceano Atlântico potenciam a ocorrência das cheias? Que fatores condicionaram essas alterações?

Que papel desempenham as entidades públicas, por exemplo autarquias, na prevenção e na minimização dos impactos dos problemas descritos na notícia?

Estas questões são meramente orientadoras, pelo que os alunos devem ser incentivados ao questionamento, colocando outras questões a partir do contexto apresentado (ver secções 1.3.1 e 1.3.2). Para responder às perguntas formuladas, os alunos devem ser envolvidos na realização de um leque alargado de atividades, das quais que se referem quatro propostas.

1. Interpretação e discussão da informação veiculada na notícia, sobressaindo aspetos como a ação da água (da chuva, dos rios e do mar) na dinâmica externa, a sua importância ao nível dos processos de formação das rochas sedimentares (erosão, transporte, sedimentação), a ação antrópica na alteração da dinâmica fluvial, relevando também as correções conseguidas, os efeitos das cheias nas populações das zonas ribeirinhas e as formas de prevenção.

2. Realização de atividades laboratoriais que promovam a observação, o questionamento, a interpretação de fenómenos e a compreensão do papel das hipóteses e da experimentação na construção do conhecimento científico. Sugerem-se atividades no sentido de:

   - prever o tipo de deslocação de materiais ao longo de um curso de água formulando hipóteses, explorando as variáveis em estudo, nomeadamente, a influência do caudal, do declive, das características dos sedimentos (por exemplo: granulometria) e das construções humanas (por exemplo: barragens, diques) na dinâmica fluvial;
   - compreender o processo de sedimentação e de formação de estratos, simulado em diferentes meios (por exemplo: com e sem água, com óleo) e usando sedimentos com diferentes características (por exemplo: bem calibrados/mal calibrados) (Figura 4);

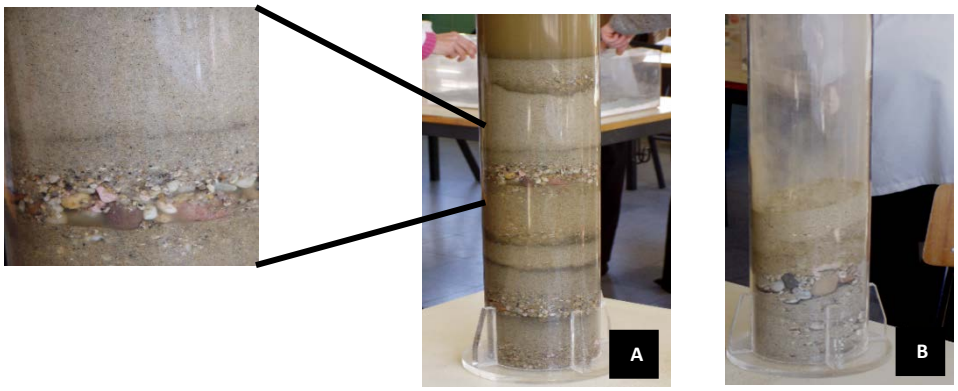


Figura 4 – Resultados da simulação da sedimentação numa proveta com água (A) e sem água (B).

   - observar e caraterizar areias, tendo em conta critérios como a granulometria, o grau de arredondamento e a composição mineralógica, de modo a inferir o tipo de transporte sofrido (tempo e agente). Com recurso à utilização de peneiros, os alunos

podem separar os sedimentos de acordo com a granulometria, estabelecendo categorias e construindo histogramas com os dados obtidos (com recurso a programas informáticos de tratamento estatístico). Os gráficos construídos, depois de sobrepostos, permitem comparar os diferentes tipos de areias e apresentar explicações para as diferenças encontradas.

3. Elaboração de um organizador gráfico (por exemplo, mapa de conceitos) que integre os principais conceitos abordados nas diferentes atividades e permita que os alunos respondam às questões formuladas.

4. Organização e sistematização da informação recolhida, elaborando um documento (por exemplo, cartaz, desdobrável,…) que procure identificar medidas podem ser implementadas a nível individual, coletivo e institucional (por exemplo, pelas autarquias e pela Agência Portuguesa do Ambiente) para minimizar os riscos associados a inundações

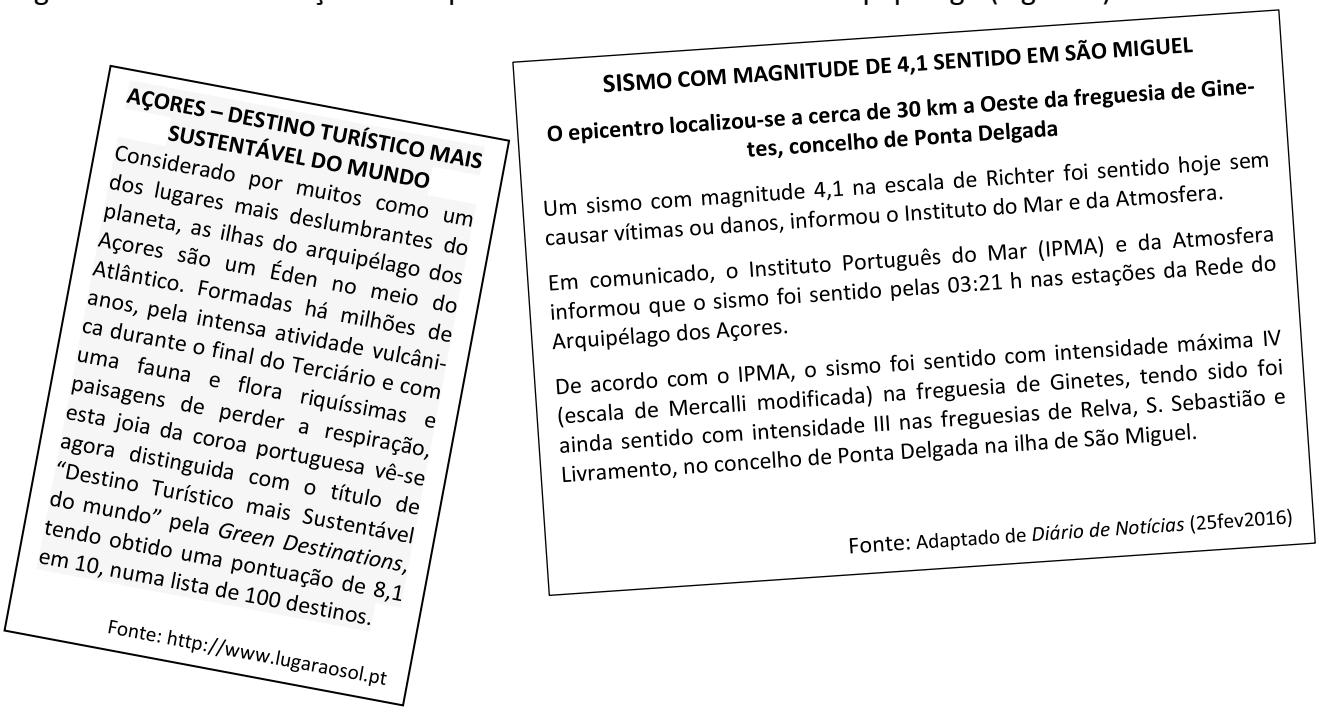
No decorrer da realização das atividades laboratoriais é importante valorizar o papel do questionamento e da formulação de hipóteses, enquanto processos de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações, servindo de guia orientador das próprias atividades. Será, também, pertinente analisar:

- a validade das previsões e dos resultados obtidos, tendo em conta as escalas espaciais e temporais em que os fenómenos simulados ocorrem na natureza. Os modelos usados nas atividades propostas correspondem a condições sempre muito distantes daquelas em que ocorrem os processos geológicos complexos, os quais não podem observar-se em contexto real (ver secção 1.1.1.).
- o papel do erro e sua inevitabilidade, na construção do conhecimento (ver secção 1.1.1.).

O desempenho dos alunos na realização das atividades propostas e os documentos por estes elaborados (por exemplo, mapa de conceitos, cartaz, desdobrável) podem ser usados na sua avaliação, diversificando, assim, os instrumentos de avaliação utilizados (ver secção 1.3.8).

2.2 Manifestações da dinâmica interna da Terra

Esta abordagem didática pretende promover a educação científica e a sua importância para a formação dos alunos (ver secção 1), partindo da exploração de conteúdos relativos à compreensão das atividades sísmicas e vulcânicas como manifestações da dinâmica interna da Terra. Promove-se um ensino em contexto através da análise de notícias frequentemente veiculadas nos media sobre alguns fenómenos naturais que ocorrem na Região Autónoma dos Açores e as potencialidades turísticas do arquipélago (Figura 5).



AÇORES – DESTINO TURÍSTICO MAIS SUSTENTÁVEL DO MUNDO

Considerado por muitos como um dos lugares mais deslumbrantes do planeta, as ilhas do arquipélago dos Açores são um Éden no meio do Atlântico. Formadas há milhões de anos, pela intensa atividade vulcânica durante o final do Terciário e com uma fauna e flora riquíssimas e paisagens de perder a respiração, esta joia da coroa portuguesa vê-se agora distinguida com o título de "Destino Turístico mais Sustentável do mundo" pela *Green Destinations*, tendo obtido uma pontuação de 8,1 em 10, numa lista de 100 destinos.

Fonte: http://www.lugaraosol.pt

SISMO COM MAGNITUDE DE 4,1 SENTIDO EM SÃO MIGUEL

O epicentro localizou-se a cerca de 30 km a Oeste da freguesia de Ginetes, concelho de Ponta Delgada

Um sismo com magnitude 4,1 na escala de Richter foi sentido hoje sem causar vítimas ou danos, informou o Instituto do Mar e da Atmosfera.

Em comunicado, o Instituto Português do Mar (IPMA) e da Atmosfera informou que o sismo foi sentido pelas 03:21 h nas estações da Rede do Arquipélago dos Açores.

De acordo com o IPMA, o sismo foi sentido com intensidade máxima IV (escala de Mercalli modificada) na freguesia de Ginetes, tendo sido foi ainda sentido com intensidade III nas freguesias de Relva, S. Sebastião e Livramento, no concelho de Ponta Delgada na ilha de São Miguel.

Fonte: Adaptado de *Diário de Notícias* (25fev2016)

Figura 5 – Notícias contextualizadoras da abordagem proposta.

Partindo da exploração das notícias apresentadas, podem ser colocadas questões, como por exemplo:

Que aspetos naturais existentes nos Açores levam tantos turistas a visitarem este arquipélago?

Que manifestações da dinâmica interna da Terra estão evidenciadas nas notícias?

Que outras manifestações da dinâmica interna da Terra se podem encontrar nos Açores?

Quais as vantagens e desvantagens para os açorianos das manifestações da dinâmica interna da Terra existentes no arquipélago?

Como se relaciona a atividade sísmica e vulcânica que ocorre nos Açores com a localização geográfica do arquipélago?

Para responder a estas e a outras possíveis questões, os alunos podem desenvolver atividades práticas, como:

1. interpretação e discussão da informação veiculada nas notícias, relevando aspetos como: a) as manifestações da dinâmica interna da Terra descritas; b) os aspetos naturais existentes nos Açores que se constituem como atração turística; c) as vantagens e desvantagens para os açorianos do turismo na região, e d) a relação entre a atividade sísmica e vulcânica da região e a localização geotectónica do arquipélago;

2. pesquisa orientada de informação sobre manifestações de atividade sísmica e vulcânica (principal e secundária) existente nos Açores, bem como benefícios e riscos associados a essas manifestações e respetivas medidas de prevenção;

3. organização e sistematização da informação recolhida para construção de um jornal de parede;

4. realização de atividades laboratoriais. Tanto umas como outras devem permitir que se observe e caraterize diferentes tipos de amostras vulcânicas (por exemplo, cinzas, lapilli, bombas, pedra-pomes, basalto,…), tendo em conta critérios como a cor, o grau de porosidade, a densidade e a permeabilidade. Além disso, é importante que se percebam o vulcanismo submarino, simulando uma atividade vulcânica neste ambiente e explorando diferentes variáveis (Figura 6).

   Sugere-se a elaboração de um esquema legendado representativo da estrutura de um aparelho vulcânico, partindo da simulação efetuada e valorizando o registo sistemático das observações realizadas. Finalmente, os alunos devem compreender qual a influência das caraterísticas do terreno e do tipo de construção na intensidade dos sismos, assim como a contribuição científica e tecnológica na diminuição dos impactes por eles causados. Solo, molhado ou seco, com objetos enterrados a diferentes profundidades pode ser usado na simulação de um sismo;

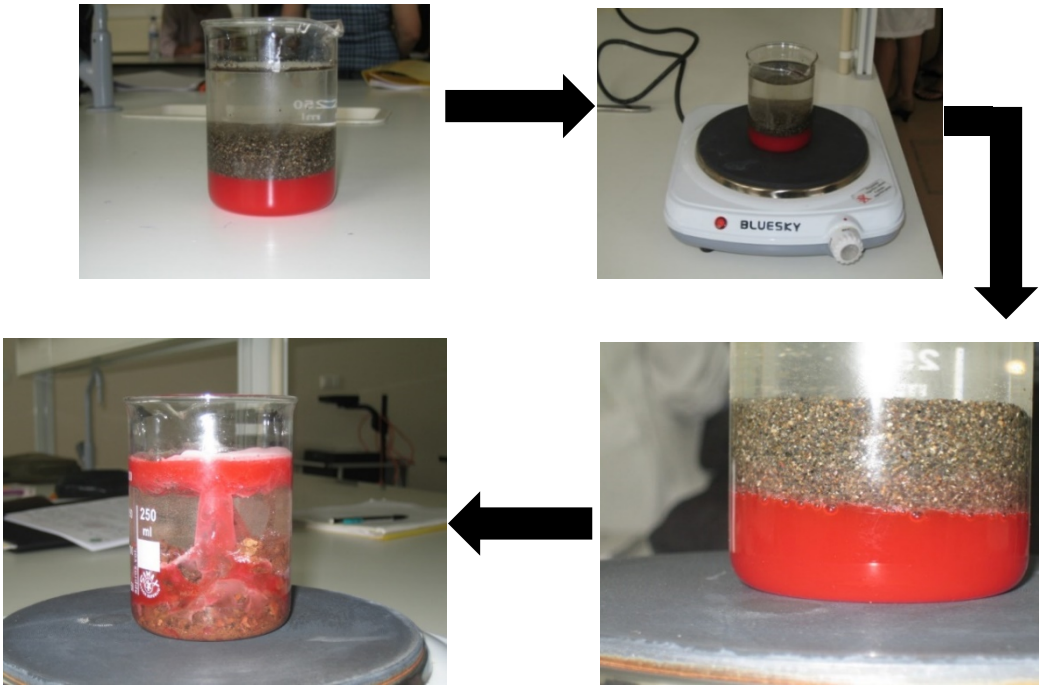


Figura 6 – Resultados da simulação de uma atividade vulcânica submarina.

5. pesquisa de informação, orientada por um guião, sobre locais no arquipélago dos Açores que permitem evidenciar aspetos da dinâmica interna da Terra, os benefícios e riscos associados para as pessoas e as medidas de prevenção e de proteção de bens e de pessoas;

6. organização e sistematização da informação recolhida para integrar no jornal de parede em construção;

7. debate acerca das razões que justificam a existência do Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos da Universidade dos Açores. Deve destacar-se o papel da ciência e tecnologia na previsão dessas manifestações e as responsabilidades políticas, sociais, coletivas e individuais no desenvolvimento de um turismo que não ponha em causa a sustentabilidade do arquipélago;

8. realização de uma atividade de síntese e de formulação de novas problematizações, procurando que os alunos respondam às questões formuladas e discutam a existência de outros locais com caraterísticas semelhantes aos estudados e das razões que justificam a necessidade de promover o seu estudo.

Durante a realização das atividades experimentais (figura 6) será importante que os alunos discutam a relevância deste tipo de atividades na construção do conhecimento científico e analisem as semelhanças e as diferenças entre os modelos analógicos usados e o modo como os fenómenos geológicos ocorrem na Natureza. Deve também ser feita a apreciação crítica das atividades experimentais efetuadas, identificando potencialidades e limitações (sugerindo, até, outros procedimentos que permitam simular os mesmos fenómenos), bem como a comparação dos trabalhos realizados com a produção de conhecimento nas comunidades científicas (ver secção 1.3.3).

2.3 A Terra conta a sua história

Sugere-se partir da análise do documento "Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire" (Figura 7), como exemplo do património geológico existente em território nacional.

Pedreira do Galinha

A jazida da Pedreira do Galinha foi considerada, em outubro de 1996, Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios. Situa-se numa encosta da serra de Aire, perto da povoação de Bairro (a 16 km de Torres Novas e a 10 km de Fátima). As rochas que constituem a serra formaram-se há muitos milhões de anos. A serra de Aire em conjunto com a serra dos Candeeiros forma o Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros, que é uma área protegida por lei. Este local nem sempre foi assim. Há cerca de 175 milhões de anos esta paisagem era plana e frequentemente invadida pelas águas do mar.

Adaptado de Ferreira (1999)

Figura 7 – Exemplo de contextualização da abordagem proposta.

Partindo da informação contida na Figura 7, ou pesquisada pelos alunos em diferentes fontes, podem ser colocadas as seguintes questões:

Porque é que a Pedreira do Galinha é considerada um Monumento Natural?

Que registos do passado se podem encontrar na Pedreira do Galinha?

De que forma esses registos ajudam a reconstituir os ecossistemas do passado?
Qual o tipo de paisagem geológica que melhor preserva esses registos?

Para responder a estas e a outras questões, sugere-se a preparação, realização e posterior discussão de uma saída de campo, articulada com outras atividades práticas (por exemplo, laboratorial, pesquisa, interpretação de cartas geológicas simplificadas). É importante considerar três momentos nesta atividade: antes da saída; saída ao campo; depois da saída.

1. Antes da saída

Contextualização e problematização da atividade com o recurso a informação sobre o Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire, pesquisada pelos alunos e comentada pelo professor (ver secção 1.3.2). Do diálogo com os alunos deve emergir a questões orientadoras da saída.

A preparação cognitiva, geográfica e psicológica dos alunos pode ser feita discutindo com aspetos como a morfologia da área de estudo e a sua localização em relação à escola (recorrendo, por exemplo, ao *Google Earth*); as características da rocha predominante no local (consultando, por exemplo, uma carta geológica simplificada da região e que pode ser adaptada pelo professor); os objetivos e a metodologia a adotar durante a saída; a natureza das atividades que vão desenvolver durante a saída; o material necessário à sua realização; e algumas questões logísticas (locais de descanso, de refeição, horários, etc).

2. Durante a saída

O professor pode seguir o *Guião de Exploração Pedagógica* (Ferreira, 1999), organizado em seis estações, o qual é fornecido pelos responsáveis pela gestão e manutenção do Monumento Natural, acompanhado por um guia. Em alternativa, pode elaborar o seu próprio guião.

Durante o percurso, as atividades podem ser orientadas por questões como: Que rochas predominam na região? Quando se formaram? Que registos contêm? Que informações fornecem em relação às condições do meio em que se originaram? E quanto às caracte-

rísticas dos seres vivos que viveram naquela época? Que informação se pode retirar das rochas que contribua para reconstituir os ecossistemas do passado?

Para responder a estas e outras questões, os alunos podem realizar atividades diversificadas como, por exemplo, recolher informação, observar e desenhar pegadas, interpretar esquemas relativos ao processo de formação da rocha e dos registos que contém, anotar dúvidas e questões que o trabalho realizado tenha suscitado e para as quais ainda não tenham encontrado solução. Cabe ao professor orientar o trabalho dos alunos, promovendo o questionamento e prestando esclarecimentos sempre que considerar necessário.

3. Depois da saída

Nas aulas posteriores à saída, os alunos devem realizar atividades como:

- sistematização, com partilha na turma, da informação recolhida durante a saída, em texto ou em organizador gráfico, de modo a responder às questões orientadoras;

- simulação de processos de fossilização, em laboratório (por exemplo, modelação), seguida de discussão das escalas temporais e espaciais envolvidas, bem como da sua relação com o que acontece na Natureza, e das limitações inerentes ao uso de modelos;

- interpretação de informação, em formatos diversos, sobre fósseis e processos de fossilização, com discussão do contributo destes registos para a reconstituição da história da Terra.

- conceção e realização de atividades de aprofundamento sobre o património geológico, orientadas pelo professor, visando o reconhecimento da importância da respetiva preservação. Os alunos devem ser incentivados à reflexão, a partir das suas vivências, por exemplo, acerca da existência de outros locais em território nacional, com semelhanças ao Monumento Natural, e que possam ser objeto de atenção;

- elaboração, em grupo, de um póster com a informação recolhida e posterior divulgação à comunidade escolar. Este documento pode ser usado na avaliação das aprendizagens.

2.4 Os recursos geológicos e a sustentabilidade da vida na Terra

Sugere-se que se analise o texto "Testemunhos de um geólogo das Minas da Urgeiriça" (Figura 8) e outras notícias, por exemplo, sobre as consequências da exposição à radioatividade em minas de urânio ou atribuição de indemnizações a trabalhadores expostos a este tipo de radiações. [7]

Partindo da exploração deste testemunho, em aula, podem ser colocadas questões como:

Porque foi importante a exploração de minerais radioativos no contexto nacional? Que tipo de recursos se extraíam dessas minas? Para que fins foram e são utilizados?

Que impacte causou a exploração mineira de urânio no ambiente?

Que riscos associados à exploração mineira advieram para os trabalhadores do setor e para as populações locais?

Que soluções foram encontradas para minimizar a exposição à radioatividade após o encerramento da mina?

De que modo o exemplo apresentado pode contribuir para a exploração sustentada de recursos geológicos e a sustentabilidade da vida na Terra?

Testemunhos de um geólogo das Minas da Urgeiriça

Mineral de urânio

Os recursos minerais foram, desde sempre, uma das bases essenciais para o desenvolvimento da sociedade e o seu controlo tem dado origem a importantes problemas político-económicos. Como todas as atividades humanas, a exploração destes recursos tem impactos positivos e negativos que foram evoluindo ao longo do tempo, com o desenvolvimento do conhecimento de novas metodologias de prospeção, exploração e tratamento de minérios e a elaboração sucessiva de normas reguladoras da atividade.

A Urgeiriça foi a sede principal das diferentes entidades que prospetaram, exploraram e trataram minerais radioativos. Estas atividades decorreram em muitos outros locais de diferentes regiões do país e com diferentes dimensões. As minas e os jazigos por explorar estão localizadas entre o paralelo do Porto, a Norte, e o paralelo de Castelo de Vide, a Sul.

De 1907 até 1944 foram produzidos concentrados de sais de rádio, por diversas empresas com capitais ingleses, franceses e nacionais. Entre 1948 e 2000, o produto final foi concentrado de óxidos de urânio.

Com base na sua elevada atividade radioativa, as pequenas quantidades de rádio produzidas levaram a que ele fosse utilizado principalmente na investigação, em tratamentos médicos e, durante algum tempo, como tinta marcadora luminescente de relógios e outros aparelhos de medida. O urânio, que foi e continua a ser produzido, em quantidades muito maiores, foi e vai sendo utilizado principalmente na indústria bélica, como combustível, em reatores nucleares de diversos tipos para geração de energia elétrica e como emissor e produtor de isótopos utilizados na medicina nuclear. Será curioso referir que pequenas quantidades de concentrados de urânio foram em tempos utilizadas como corante na indústria cerâmica e do vidro.

A exploração mineira de urânio tem, para além dos impactos normais inerentes a toda a atividade mineira, os impactos resultantes do elevado caráter radioativo dos materiais que explora e da desintegração do urânio com produção de radioisótopos sólidos e gasosos com impactos geoquímicos ambientais que importa considerar. Não sendo exaustivo na sua especificação, os impactos ocorrem ao nível da dispersão de poeiras radioativas e outras dos materiais das escombreiras, da contaminação de algumas águas subterrâneas e superficiais, da poluição da atmosfera por gases radioativos,

sendo o mais importante o radão. A exposição à inalação de poeiras siliciosas pode dar origem a uma doença profissional chamada silicose.

Em estudos recentes executados por várias entidades foram enumerados e estudados os riscos para as pessoas sujeitas ao contacto com minérios radioativos. Pode ser afirmado que as quantidades de radiação a que estiveram expostos alguns trabalhadores mineiros e trabalhadores das oficinas de tratamento de minérios poderá estar na origem do aumento significativo da ocorrência de neoplasias que são causa de algumas mortes.

A EDM – Empresa de Desenvolvimento Mineiro SA, tem vindo a elaborar e a coordenar estudos e projetos de recuperação ambiental de zonas degradadas por antigas explorações mineiras abandonadas (o mapa da EDM mostra 61 minas onde existiram atividades mineiras de exploração de minerais radioativos). Na Mina da Urgeiriça foram mobilizados e depostos num só local os materiais das diferentes escombreiras existentes sendo posteriormente cobertos de acordo com metodologias que obviassem a dispersão das poeiras, dos efluentes líquidos e dos gases radioativos. Sendo realizados trabalhos na mina de produção de urânio por lixiviação *in situ* com soluções ácidas e, havendo que reformular o seu circuito, bem como o dos produtos líquidos remanescentes da Oficina de Tratamento Químico, foram realizados estudos e obras para o seu tratamento e monitorização. Havendo habitações do bairro mineiro com problemas de contaminação radioativa estas foram sujeitas a obras de descontaminação.

Extraído da entrevista a um geólogo
ex-funcionário da JEN (março de 2016)

Figura 8 – Situação problemática que contextualiza a abordagem proposta.

Para responder a estas e a outras questões os alunos podem desenvolver atividades práticas como:

1. interpretação e discussão do texto, relevando aspetos como o tipo de intervenção humana que foi efetuada na litosfera na zona da Urgeiriça e o impacte da mesma na atmosfera, na hidrosfera e na biosfera. Considerar, também, as consequências da extração de recursos geológicos para os trabalhadores do setor mineiro, para as populações locais e para o ambiente;

2. pesquisa orientada, em pequeno grupo, sobre o crescimento populacional e a exploração de recursos geológicos, bem como soluções tecnológicas e socioeconómicas para minimizar os problemas da radioatividade em antigas minas de urânio. Soluções que possam atenuar os problemas da radioatividade nas construções em zonas envolventes às minas de urânio, bem assim o ponto de situação dos trabalhos de recuperação ambiental ocorridos nas Minas da Urgeiriça deverão ser tidas em conta. Consultar, por exemplo, a proposta de *Reabilitação da Barragem Velha da Urgeiriça* (http://www.edm.pt/images/folheto_urgeirica.pdf).

3. debate na turma acerca dos prós e contras das explorações mineiras e das medidas a serem implementadas para minimizar os riscos e promover a sustentabilidade dos recursos geológicos, com base na informação recolhida. Será importante fazer referência à legislação em vigor sobre a exploração mineira, discutindo-se aspetos como desliza-

mentos em escombreiras, efeitos sobre solos e águas, acidentes de trabalho, ou mesmo risco para a saúde;

4. realização de atividades de aprofundamento que promovam o questionamento sobre a importância do conhecimento adquirido na compreensão das relações CTSA e sua contribuição para a sustentabilidade da vida na Terra;

5. pesquisa de informação para responder às questões formuladas pelos alunos sobre a atividade mineira (por exemplo, Existem minas abandonadas ou em atividade perto da minha escola? Que tipo de recursos geológicos foram ou são explorados? Que impactes têm nos seus trabalhadores? E nas populações locais? O que está a ser feito para minimizar os riscos?).

As atividades propostas nas diferentes abordagens didáticas devem ser assumidas, também, como atividades avaliativas, integrando a avaliação no processo de ensino e de aprendizagem.

3. CONCLUSÕES

Ao longo do capítulo procurámos ser fiéis aos três eixos enunciados no sumário, sem a intencionalidade de analisar, criticamente, o enquadramento curricular vigente. Procedeu-se à apresentação dum quadro concetual sustentado em indicadores da investigação em Didática das Ciências, que dá suporte, recorrentemente, às abordagens didáticas sugeridas. A perspetiva cognitivista, colocando o aluno como responsável pelo seu próprio desenvolvimento, relaciona-se com o entendimento de que o professor tem um papel relevante na preparação das melhores condições de ensino, as quais deveras condicionam a aprendizagem.

É, assim, compreensível que a eventual utilização das sugestões avançadas passe pela apreciação crítica dos docentes. Tanto as condições concretas de cada escola e de cada turma, as quais só o professor conhece, como os sucessivos progressos da investigação

educacional, devem ser tidos em conta, pois são elementos condicionantes do desenho das tarefas de ensino das ciências, em geral, e das Geociências, em particular.

REFERÊNCIAS

Aikenhead, T. (2009). *Educação científica para todos.* Mangualde: Edições Pedago.

Amador, F. (2010). Contribuições da história da ciência para o processo de desenho curricular. *Revista de Educação, XVII*(1), 9-30. Retirado de https://www.academia.edu/2483855/CONTRIBUI%C3%87%C3%95ES_DA_HIST%C3%93RIA_DA_CI%C3%8ANCIA_PARA_OS_PROCESSOS_DE_DESENHO_CURRICULAR.

Bachelard, G. (1977). *La formation de l'esprit scientifique: Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* (4ª ed.). Paris: Editions Vrin.

Barbot, A., Pinto, A., Viegas, C., Santos, C. A., & Lopes, J. B. (2015). Ensino de Ciências Utilizando Simulações Computacionais-Estudo em Contexto de Formação de Professores do Ensino Básico. *Sensos-e, 1*(2). Retirado de http://sensos-e.ese.ipp.pt/?p=7839.

Bonito, J. (2001). *As actividades práticas no ensino das geociências: um estudo que procura a conceptualização*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

Bonito, J. (2012). *Panoramas atuais acerca do ensino das ciências.* Boa Vista: Universidade Federal de Roraima.

Bunge, M. (1980). *La Investigación científica. Su estrategia y su filosofía*. Barcelona: Ediciones Ariel.

Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2002). *Ciência, educação em ciência e ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.

Carr, A. (2010). *Manual de psicologia clínica da criança e do adolescente*. Braga: Edições Psiquilíbrios.

European Commission (2004). *Europe needs more scientists*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Retirado de https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf.

Eurydice (2011). *Science education in Europe: National policies, practices and research*. Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency.

Fensham, P. J. (2008). *Science education policy-making-eleven emerging issues*. Paris: UNESCO. Retirado de http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001567/156700E.pdf.

Ferreira, Q. (1999). *A minha Visita ao Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios da Serra de Aire-Guia de Exploração Pedagógica.* Bairro: Rede de Escolas dos Amigos dos Dinossáurios.

Fino, C. N. (2001). Vygotsky e a zona de desenvolvimento proximar (ZDP): Três implicações pedagógicas. *Revista Portuguesa de Educação, 14*(2), 273-291. Retirado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37414212.

Frodeman, R. (2001). A epistemologia das Geociências. In Marques, L., & Praia, J. (Coords.) *Geociências nos currículos dos ensinos básico e secundário* (pp. 39-57). Aveiro: Universidade de Aveiro.

Galvão, C., Reis, P., & Freire, S. (2011). A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. *Ciência & Educação, 17*(3), 505-522. Retirado de http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000300001.

Hodson, D. (2000). The place of practical work in science education. In Sequeira, M., Dourado, L., Vilaça, M., Silva, J., Afonso, A., & Batista, J. (Orgs.), *Trabalho prático e experimental na educação em ciências* (pp. 29-42). Braga: Universidade do Minho.

Kempa, R. (1990). *Assessment in Science.* Cambridge. University Press: Cambridge.

Lee, M. H., Wu, Y. T., & Tsai, C. C. (2009). Research Trends in Science Education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals*. International Journal of Science Education, 31*(5), 1999-2020.

Leite, L. (2000). As actividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In Sequeira, M. et al. (Orgs*.). Trabalho prático e experimental na educação em ciências* (pp. 91-108). Braga: Universidade do Minho.

Lopes, J. B., Paixão, F., Praia J., Guerra, C., & Cachapuz, A, (2007). Orientações da Investigação em Educação em Ciência e Tipos de Investigação. In Lopes, J. B., & Cravino, J. P. (Eds.), *Contributos para a qualidade educativa no ensino das ciências do pré-escolar ao superior* (pp. 225-227). Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Marques, L., & Praia, J. (2008). Educação em ciência: Actividades exteriores à sala de aula. Terrae Didactica, 5(1), 10-26. Retirado de https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v5/pdf-v5/TD_V-a2.pdf.

Martinand, J.-L. (1989). Pratiques de reference, transposition didactique et savoirs profissionnels en sciences et techniques. *Les Sciences de l'Éducation pour l´Ére Nouvelle*, 2, 23-29.

Martins, I. P., & Paixão, F. (2011). Perspectivas atuais Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino e na investigação em educação em ciência. In Santos, W. L. P. dos, & Auler, D. (Orgs.), *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas* (pp. 135-160). Brasília: Editora UnB.

ME – Ministério da Educação (2001). *Programa de Ciências Naturais do ensino básico – 3º ciclo.* Departamento da Educação Básica do Ministério da Educação. Retirado de

http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfn_orient_curriculares_3c_0.pdf .

MEC – Ministério da Educação e Ciência (2013). *Metas curriculares. Ensino Básico. Ciências Naturais. 5º, 6º, 7º e 8º anos.* Ministério da Educação e Ciência. Retirado de http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cn_metas_curriculares_5_6_7_8_ano_0.pdf.

Mora, F. (2014). *Neuroeducación.* Madrid: Alianza Editorial.

Morais, A. M., & Neves, I. (2003). Processos de intervenção e análise em contextos pedagógicos. *Educação, Sociedade & Culturas*, 19, 49-87.

Morin, E. (1994). *Ciência com consciência*. Mem Martins: Publicações Europa-América.

Neto, A. (1998). *Resolução de problemas em física. Conceitos, processos e novas abordagens*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

Pruitt, D. B. (2000). *Your adolescent.* New York: Harper Inc.

Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context.* New York: Oxford University Press.

Roldão, C. (2015). Distâncias na educação e no currículo - professores, discurso e escola. *Educa – Internacional Catholic Journal of Education,* 1. Retirado de http://educa.fmleao.pt/no1-2015/distancias-na-educacao-e-no-curriculo-professores-discurso-e-escola-2/.

Roldão, C. (2009). *Estratégias de ensino. O saber e o agir do professor*. Gaia: Fundação M. Leão.

Trindade, V. (2003). Uma perspeptiva didáctica para o ensino das ciências. In Neto, A., Nico, J., Chouriço, J. C., Costa, P., & Mendes, P. (Orgs.) *Didácticas e metodologias de educação – Percursos e desafios* (Vol. II, pp. 1075-1088). Évora: Universidade de Évora.

UNESCO (2006). UNESCO's role, vision and challenges for the UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014). *Coonect – UNESCO International science, technology & environmental education newsletter, XXXI*(1-2). Retirado de http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146976e.pdf.

UNESCO (2012). *EFA Global Monitoring Report. Youth and skills: putting education to work.* Paris: UNESCO. Retirado de http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002180/218003e.pdf.

Vasconcelos, C., Lopes, B., Costa, N., Marques, L., & Carrasquinho, S. (2007). Estado da arte na resolução de problemas em educação em ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências, 6*(2), 235-245. Retirado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART1_Vol6_N2.pdf

Vasconcelos, C., Amador, M. F., Soares, R. B., & Pinto, T. F. (2012). Questionar, investigar e resolver problemas: Reconstruindo cenários geológicos. *Investigações em Ensino*

de Ciências, 17(3), 709-720. Retirado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID314/v17_n3_a2012.pdf.

[1] No fundo, trata-se de fazer vivenciar a dimensão sociológica interna (porque interior à comunidade científica) da construção do conhecimento científico.

[2] Um caso particularmente interessante, no domínio das Geociências, é a maior ou menor ênfase dada aos movimentos horizontais ou verticais na explicação da formação dos cratões da Ásia central, em que a segunda parece fornecer uma explicação mais simples e convincente do que a primeira.

[3] São os cidadãos que pagam, através dos seus impostos, os processos de investigação e as tecnologias utilizadas na sua produção sem, contudo, possuírem acesso direto aos resultados e à compreensão dos mesmos. Parece necessário, então, criar mecanismos que, direta ou indiretamente, permitam a sua divulgação e o acesso às benfeitorias daquelas.

[4] Veja-se o caso da Teoria Geral da Relatividade, que completou 100 anos em 2015, e que, dada a sua complexidade, especialmente em termos de abstração e de formalismo matemático, ainda não conseguiu ser "transposta" para os currículos escolares de física do ensino básico.

[5] Martinand (1989) chama a atenção para o facto de, no processo da transposição didática, o professor não poder ser alheado das questões epistemológicas que se colocam na produção do conhecimento científico – tal como em relação ao currículo e ao conhecimento escolar – não só pela sua formação na ciência da especialidade, mas também por que tem uma visão exterior e descomprometida sobre o processo de produção desse conhecimento.

[6] Cf. Frodeman (2001): "é possível identificar nas Geociências um método diferente de raciocínio: um método que é mais deliberativo do que simplesmente de cálculo, mais interpretativo do que meramente factual e mais histórico do que experimental – uma vez mais, como acontece nas nossas vidas pública e privada" (p. 44).

[7] A Lei n.º 10/2016, de 4 de abril, estabelece o direito a uma compensação por morte emergente de doença profissional dos trabalhadores da Empresa Nacional de Urânio, S.A., falecidos por neoplasias malignas.