

Universidade de Lisboa



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Argumentação científica na aprendizagem dos «Materiais»:
um trabalho com alunos do 7.º ano

José Miguel Alves Correia Pires

Mestrado em Ensino de Física e Química no 3.º ciclo do Ensino Básico
e no Ensino Secundário

Relatório da Prática de Ensino Supervisionada orientado pela
Professora Doutora Mónica Luísa Mendes Baptista e pela
Professora Doutora Maria Manuela Gomes da Silva Rocha

2016

אַס-יְהוֹה לֹא-יִבְנֶה בַּיִת
שׁוֹא עֲמָלוֹ בּוֹנֵיו בּוֹ

Agradecimentos

Não serei capaz de agradecer nominalmente a todos os que contribuíram para realização deste trabalho, pelo que começo por pedir desculpa aos que não foram mencionados neste breve nota.

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família que me animou a iniciar este mestrado e me apoiou durante a sua realização.

À Professora Doutora Mónica Baptista, pela disponibilidade constante, pela frontalidade e fortaleza com que manifestou os pontos em que eu devia melhorar e pela compreensão com todos os meus atrasos.

À Professora Doutora Manuela Rocha pelos comentários oportunos durante as várias fases do trabalho, pela disponibilidade para rever a fundamentação científica e por me ter ajudado a ter uma perspetiva mais Química da realidade.

Ao Professor cooperante que me acompanhou durante todo trabalho e me ensinou a ser melhor professor.

À direção da escola onde fiz a intervenção letiva, que me abriu as portas e facilitou a concretização deste trabalho.

Aos alunos que participaram neste estudo, pela simpatia, disponibilidade e colaboração com que aceitaram os meus desafios.

Aos meus colegas de mestrado, que me proporcionaram diferentes abordagens das matérias e sempre manifestaram uma atitude aberta de colaboração.

A todos os que não foram mencionados, mas que me ajudaram de muitos e diversos modos, mais ou menos extensamente, ao longo de toda a minha vida, muitas vezes tão discretamente que nem tive consciência da influência que tiveram no crescimento da minha forma de ser professor.

Por último agradeço àquele a quem deveria ter agradecido em primeiro lugar, a quem devo a vida e todas as minhas capacidades, àquele que acredito que é o Criador e o Redentor do cosmos, que se revelou há cerca de quatro mil anos a Abraão e aos seus descendentes e, de modo definitivo, há dois mil anos, em Cristo, que nasceu, viveu e entregou a sua vida pela Humanidade na Palestina, que acredito ser verdadeiro Deus e verdadeiro Homem, e que insiste em fazer feliz cada ser humano, apesar de tantas vezes o esquecermos.

Resumo

Vários estudos sobre o ensino das Ciências indicam que a prática da argumentação científica deve ter um papel central neste âmbito. Neste trabalho pretende-se compreender como é que o uso de tarefas que promovem a argumentação em contexto científico facilitam as aprendizagens dos alunos. As questões de investigação pretenderam identificar que dificuldades sentiram os alunos neste tipo de tarefas, que estratégias usaram para as ultrapassar e que avaliação fizeram das tarefas efetuadas.

Os participantes foram alunos de uma turma do 7.º ano (12–13 anos), de uma escola da zona urbana de Lisboa. A intervenção foi realizada num período de nove semanas, consistindo em cinco tarefas desenvolvidas no domínio da Química. Foram usados métodos qualitativos para a recolha de dados, que incluíram principalmente documentos escritos dos alunos, notas de campo do professor, gravações áudio e vídeo de discussões realizadas em aula, e uma entrevista em grupo focado após a conclusão das intervenções. Da codificação dos documentos escritos e da transcrição da entrevista emergiram as categorias que permitiram responder às questões de investigação. As notas de campo, as gravações áudio e vídeo e as discussões com os orientadores foram usadas para validar os dados.

A análise mostrou que os alunos sentem dificuldade na redação dos argumentos usando linguagem científica e na própria estrutura dos argumentos. Para ultrapassar as dificuldades os alunos recorreram à pesquisa de informação, à manipulação de materiais, à discussão e ao apoio do professor. Os alunos avaliaram as tarefas de forma muito positiva, tendo permitido a exploração autónoma das questões e um forte envolvimento na compreensão e crítica das ideias com o objetivo de construir argumentos convincentes.

Palavras-chave: Argumentação, Educação em ciências, Química, Materiais, Literacia científica.

Abstract

Several studies in science education point out that engaging in scientific argumentation should play a central role in the teaching and learning of science. In this work, the main aim is to understand how the use of tasks designed to promote argumentation in a scientific context can improve science learning. The research questions focused on the understanding of the difficulties that students experience in these type of tasks, the strategies they use to overcome the difficulties and the appraisal they did on the performed tasks.

The project was undertaken with pupils in 7th grade (12-13 year-olds), in an urban school in Lisbon. The intervention took place over nine weeks and consisted of five tasks in the Chemistry subject. Qualitative research methods were selected to gather the data and included mainly written documents from the students, field notes, video and audio-taping of classroom discourse, and a focus group interview at the end of the interventions. The written material and the transcript of the interview were coded to find patterns that fit the research questions. Field notes, video and audio recordings, and discussions with the supervisors were used to validate the data.

Analysis of the collected data shows difficulties with scientific language in the course of argument construction and also with argument structure itself. A set of four distinct strategies to overcome difficulties were identified: data search, materials' manipulation, group or class discussions and teacher support. The overall appraisal of the tasks was highly positive, enabling children to explore the questions autonomously, and engage deeply in meaning construction and critique in order to produce convincing arguments.

Keywords: Argumentation, Science education, Chemistry, Materials, Scientific literacy

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice de quadros	xv
Índice de figuras	xvii
1 Introdução	1
1.1 Organização do relatório	4
2 Enquadramento teórico	5
2.1 Destrinçando significados	5
2.2 Argumentação e literacia científica	16
2.3 Argumentação e a natureza das tarefas	20
3 Proposta didática	29
3.1 Fundamentação científica	29
3.1.1 O modelo corpuscular	31
3.1.2 Estados físicos da matéria	37
3.1.3 Transformações físicas e químicas da matéria	40
3.1.4 Propriedades físicas das substâncias	46
3.1.5 Processos físicos de separação de materiais	51
3.2 Fundamentação didática	53
3.2.1 Os «Materiais» no contexto curricular	53
3.2.2 A argumentação no contexto da unidade didática	58
3.2.3 Descrição sumária das tarefas	62
3.2.4 Avaliação	72

4	Métodos e procedimentos	75
4.1	Métodos de investigação	75
4.2	Participantes	77
4.3	Recolha de dados	78
4.3.1	Documentos escritos	79
4.3.2	Observação	80
4.3.3	Entrevista	81
4.4	Análise de dados	82
5	Resultados	87
5.1	Dificuldades dos alunos	87
5.1.1	Linguagem científica	88
5.1.2	Construção dos argumentos	99
5.2	Estratégias	118
5.2.1	Pesquisa de informação	119
5.2.2	Manipulação de materiais	122
5.2.3	Discussão	125
5.2.4	Apoio do professor	130
5.3	Avaliação feita pelos alunos	133
5.3.1	Relevância das tarefas	133
5.3.2	Recomendações futuras	135
6	Discussão, conclusão e reflexão final	139
6.1	Discussão	140
6.2	Conclusão	146
6.3	Reflexão final	147
	Referências	151
	Apêndices	159
A	Planificação das aulas	161
A.1	Tarefa 1	161
A.2	Tarefa 2	170
A.3	Tarefa 3	180
A.4	Tarefa 4	189
A.5	Tarefa 5	197

B Recursos de apoio às aulas: tarefas	207
B.1 Tarefa 1 (parte 1)	208
B.2 Tarefa 1 dados (parte 1)	210
B.3 Tarefa 1 (parte 2)	212
B.4 Tarefa 1 dados (parte 2)	217
B.5 Tarefa 2 (parte 1)	219
B.6 Tarefa 2 (parte 2)	221
B.7 Tarefa 2 dados (parte 2)	224
B.8 Tarefa 3 (parte 1)	225
B.9 Tarefa 3 (parte 2)	228
B.10 Tarefa 4	231
B.11 Tarefa 5 (parte 1)	236
B.12 Tarefa 5 dados	238
B.13 Tarefa 5 (parte 2)	239
C Guião da entrevista em grupo focado	243

Índice de quadros

2.1	Questões que os modelos e teorias científicas procuram responder. Adaptado de Henderson, MacPherson, Osborne e Wild (2015).	8
2.2	Estilos de raciocínio usados para responder às questões científicas. Adaptado de Henderson, MacPherson, Osborne e Wild (2015).	8
2.3	Definições de «argumento», «argumentar» ou «argumentação». Retirado de Malaca Casteleiro (2001).	12
2.4	Elementos presentes na estrutura de um argumento. Adaptado de Driver, Newton e Osborne (2000).	15
2.5	Variáveis que podem tornar mais ou menos complexas, as tarefas que promovem a argumentação. Adaptado de Berland e McNeill (2010).	22
2.6	Esquema usado para suscitar a formulação de diversos elementos do argumento. Adaptado de Osborne, Erduran e Simon (2004a).	23
2.7	Competências que os alunos necessitam ativar em tarefas que promovem a argumentação. Adaptado de Jiménez-Aleixandre (2008).	25
2.8	Ações do professor que promovem a argumentação.	26
2.9	Aspetos a ter em conta na avaliação de argumentos. Adaptado de Driver, Newton e Osborne (2000).	27
2.10	Aspetos a ter em conta na avaliação da prática da argumentação. Adaptado de Driver, Newton e Osborne (2000).	28
3.1	Algumas das entidades moleculares constituintes da matéria. Definições da IUPAC (2014).	31
3.2	Massa e carga elétrica das partículas constituintes do átomo	32
3.3	Estimativas do raio atómico de acordo com a natureza das interações: definições de Housecroft e Sharpe (2005)	34
3.4	Principais tipos de interações eletromagnéticas ao nível atómico e molecular. Adaptado de IUPAC (2014)	36

3.5	Principais objetivos de aprendizagem	57
3.6	Algumas concepções alternativas dos alunos, no domínio dos «Materiais».	59
3.7	Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 1 . . .	63
3.8	Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 2 . . .	65
3.9	Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 3 . . .	66
3.10	Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 4 . . .	68
3.11	Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 5 . . .	70
4.1	Categorias e subcategorias de análise	85
A.1	Material de laboratório usado na parte 2 da tarefa 1	162
A.2	Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 1	163
A.3	Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 2	171
A.4	Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 3	182
A.5	Material de laboratório usado na tarefa 4	190
A.6	Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 4	191
A.7	Material de laboratório usado na tarefa 5	198
A.8	Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 5	199
C.1	Dimensões e objetivos que estruturaram o guião da entrevista	243

Índice de figuras

2.1	Arco do conhecimento. Adaptado de Oldroyd (1986, citado por Belin, 2014)	10
2.2	Esquema simplificado da interação entre raciocínio, teoria e argumentação no desenvolvimento das ideias científicas.	11
2.3	Papéis assumidos durante uma discussão envolvendo argumentação. Adaptado de Berland e Reiser (2011)	14
3.1	Tabela periódica mostrando, a amarelo, os elementos com isótopos estáveis.	33
3.2	Modelo corpuscular dos estados sólido, líquido e gasoso.	37
3.3	Diagrama de fases simplificado de uma substância.	45
3.4	Montagem usada numa destilação simples.	52
3.5	Esquema organizador dos temas abordados nas tarefas	55
3.6	Materiais cuja massa volúmica foi determinada na tarefa 4: (a) foto dos 3 materiais; (b) detalhe do objeto C.	69

Capítulo 1

Introdução

García Hoz (1977) refere que, no âmbito da formação intelectual, as finalidades que procura uma escola se podem reduzir a três tipos: «as aprendizagens específicas, o desenvolvimento intelectual e o desenvolvimento de competências de expressão e comunicação» (p. 3). No que diz respeito às aprendizagens específicas explica que se tratam de «conhecimentos ou competências claramente identificáveis e que têm as suas próprias características» (pp. 3–4). Como exemplo destas indicava «ler, escrever, aritmética, história, química, etc.» (p. 3). Relativamente às outras duas finalidades afirma que «não são tão claras. Mas nenhum professor aceitaria que a sua missão se limita a estimular ou orientar uma só ou várias das aprendizagens específicas previstas nos planos de estudo» (p. 4). O que refere este autor é hoje aceite amplamente. A escola não é vista como mera transmissora de conteúdos, mas como um ambiente, complementar ao das famílias dos alunos, onde estes adquirem conhecimentos e desenvolvem competências que lhes permitem intervir de modo livre, responsável e competente na construção da sociedade onde se inserem. Quer os conhecimentos quer as competências que se espera que a escola promova têm-se modificado ao longo do tempo, a par das transformações sociais.

No âmbito do ensino das ciências, alguns estudos internacionais têm procurado identificar quais são os conhecimentos e competências que devem ser desenvolvidos pelos jovens para que estes consigam identificar, compreender e intervir adequadamente nas questões científicas com que se deparam ao longo da sua vida. Nos documentos orientadores do Ministério da Educação para o ensino das Ciências Físicas e Naturais no 3.º ciclo do ensino básico (Galvão et al., 2001), o conjunto das competências surge como um objetivo

essencial na formação dos alunos. Algumas das competências indicadas nas orientações curriculares são transversais a várias áreas disciplinares, pelo que se espera o contributo e a coordenação entre todas para o seu pleno desenvolvimento. No ensino da Física e da Química é então fundamental que se preste atenção não só às competências específicas destas disciplinas, mas também àquelas que são comuns a outras áreas disciplinares.

Num mundo globalizado e em rápida mudança, verifica-se que o «sucesso não é medido apenas por padrões nacionais, mas também por contraste com os sistemas educativos com melhor desempenho e com um crescimento mais rápido de qualidade» (OECD, 2013b, p. 3). As práticas de ensino e aprendizagem a ter em conta, além das preconizadas pelos documentos orientadores do Ministério da Educação, devem incluir também as desenvolvidas nos sistemas educativos que revelam melhor desempenho, as que os estudos científicos no âmbito do ensino das ciências mostram ser eficazes, bem como as boas experiências transmitidas pelos profissionais desta área (OECD, 2013b).

Uma das competências previstas no currículo das Ciências Físicas e Naturais para o 3.º ciclo do ensino básico é o desenvolvimento de «atitudes inerentes ao trabalho em Ciência» (Galvão et al., 2001, p. 7). Não se trata, portanto, de transmitir apenas o resultado da construção científica, mas também de ajudar os alunos a compreender como é que esse conhecimento se constrói e estimular alguns para que se envolvam nesse empreendimento. Para despertar o interesse dos alunos é preciso começar por mostrar que os modelos científicos explicam melhor a realidade do que o senso comum (Henderson, MacPherson, Osborne & Wild, 2015). Uma das estratégias para o conseguir, e que é também parte do processo de construção científica, é a argumentação (Driver, Newton & Osborne, 2000; Garcia-Mila & Andersen, 2008; Kuhn, 2010; Simon & Maloney, 2007).

Driver et al. (2000) referem, mais concretamente, que para interessar os jovens pelas conclusões alcançadas pela atividade científica, a educação em ciências deve permitir-lhes experimentar as formas de argumentar inerentes à construção do conhecimento científico, através de atividades que a estimulem. É neste sentido que, neste trabalho, se entende argumentação científica. Esta envolve, entre outras coisas, a seleção da explicação mais adequada entre várias alternativas; a identificação e avaliação do peso relativo de diferentes evidências; a interpretação de dados; a avaliação da validade de uma possível relação causa-efeito ou a defesa e a crítica pública de conclusões formuladas. Nas tarefas que pretendem promover, em sala de aula, a argumentação

científica, devem por isso estar presentes, pelo menos, algum destes aspectos. Os mesmos autores defendem ainda que: «estas práticas, e apenas estas práticas, permitem familiarizar os jovens com as normas da argumentação científica, ganhar confiança no seu uso e uma compreensão mais profunda da sua função e importância» (p. 288).

Por outras palavras, para que os alunos percebam como funciona a ciência, não é suficiente que lhes sejam explicados o processo e os resultados, mas é necessário que se envolvam neles, constituindo a argumentação uma das formas de o conseguir (Osborne & Patterson, 2011). A favor do uso da argumentação em sala de aula, acresce também o facto desta prática ser apontada como um meio de favorecer o pensamento crítico (Byrnes & Dunbar, 2014; Henderson et al., 2015; Osborne & Patterson, 2011), desenvolver competências inerentes aos processos de decisão (Maloney & Simon, 2006), bem como entender melhor os próprios conceitos científicos (Tiberghien, 2008).

Numa perspetiva mais ampla, Osborne e Patterson (2011) afirmam que «se a missão da educação é despertar e desenvolver as aprendizagens dos alunos, é necessário reabilitar a noção de argumentação, mostrando a sua finalidade e a sua prática» (p. 637). Parece, assim, muito oportuno introduzir a argumentação e mais especificamente a argumentação científica na sala de aula de Física e Química e o desenvolvimento curricular recente parece apoiar a sua promoção (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008).

Neste trabalho, fez-se uma investigação sobre a própria prática centrada nos processos de aprendizagem dos alunos, em situações envolvendo a prática da argumentação num contexto curricular. Mais especificamente analisou-se como é que tarefas que promovem a argumentação científica facilitam as aprendizagens dos alunos. O estudo foi realizado numa turma do 7.º ano e os temas abordados pertencem ao domínio dos «Materiais». Para guiar esta investigação foram identificadas três questões orientadoras:

- Que dificuldades têm os alunos neste tipo de tarefas?
- Que estratégias usam para ultrapassar as dificuldades que encontram?
- Que avaliação fazem das tarefas?

1.1 Organização do relatório

Este trabalho compreende seis capítulos. Neste primeiro capítulo, introduziu-se o problema de investigação e as questões orientadoras, no contexto do ensino das ciências, e apresenta-se agora a estrutura do trabalho. No segundo capítulo faz-se o enquadramento teórico do problema de investigação, com base numa revisão da literatura sobre o tema. Está dividido em três secções. Na primeira, descrevem-se as principais características do que se entende por argumentação científica em sala de aula. Na segunda, explora-se a importância da prática da argumentação no ensino das ciências e, na última secção, analisam-se quais os papéis dos alunos e dos professores, e enunciam-se alguns dos aspetos que devem ser tidos em conta na avaliação dos argumentos e da argumentação promovidos neste tipo de tarefas. No terceiro capítulo, apresenta-se a proposta didática que orientou a intervenção. Este capítulo está dividido em duas secções: a fundamentação científica e a fundamentação didática. Na primeira, apresentam-se os principais conceitos científicos envolvidos nos temas abordados e, na segunda, faz-se o enquadramento das tarefas no programa da disciplina, uma breve descrição das tarefas e das formas de avaliação. No capítulo quatro, descrevem-se os procedimentos e métodos usados para responder ao problema de investigação. Fundamenta-se a opção por uma investigação de cariz qualitativo, caracterizam-se os participantes, descrevem-se os instrumentos de recolha de dados e o método de análise, fazendo referência às categorias e subcategorias de análise que emergiram neste processo. No quinto capítulo, apresentam-se os resultados obtidos. O capítulo está organizado em três secções, que correspondem a cada uma das questões orientadoras. No último capítulo discutem-se os resultados obtidos, apresentam-se as conclusões do estudo e elabora-se um balanço reflexivo sobre o trabalho realizado, as dificuldades sentidas, as aprendizagens mais relevantes, bem como as suas implicações para a futura prática profissional. Em apêndice acrescentam-se as planificações detalhadas das aulas, os enunciados das tarefas e o guião da entrevista em grupo focado.

Capítulo 2

Enquadramento teórico

Como foi referido antes, este capítulo está dividido em três secções. Na primeira, expõem-se algumas das características que os investigadores associam à argumentação científica no ensino das ciências e o que distingue a sua prática em sala de aula. Em seguida, discute-se a relação entre a argumentação e a literacia científica, expondo as razões que apontam para a importância de introduzir a sua prática no ensino das ciências. Nesta mesma secção, analisa-se sumariamente a presença da promoção das competências argumentativas em currículos de ciências do 3.º ciclo do ensino básico. Na última secção, apresentam-se quais os papéis do aluno e do professor em tarefas que promovem a argumentação, bem como alguns aspetos relacionados com a avaliação dos argumentos e da argumentação promovidos neste tipo de tarefas.

2.1 Destrinçando significados

Que interesse tem definir o significado de argumentação? A importância de definir argumentação, de acordo com Osborne e Patterson (2011), deve-se em primeiro lugar a uma necessidade de comunicação. Comunicar de modo eficaz requer a partilha de significados precisos. Se o significado não for preciso estará sujeito a mudanças ao longo do tempo e também a disparidades ignoradas ou não partilhadas pelos interlocutores. Outra consequência da falta de um significado preciso será a imprecisão na definição da natureza das tarefas que, supostamente, pretendem promover a argumentação em sala

de aula.

Não existe, contudo, uma definição precisa de argumentação, nem justificações consistentes que permitam distinguir universalmente argumentos científicos, de interpretações ou explicações científicas (Mayes, 2000; McKeon, 2013; Osborne & Patterson, 2011; Wright, 2002). Para perceber as razões desta dificuldade seria necessário entrar no campo da Filosofia das Ciências ou da Epistemologia, o que está fora do âmbito deste trabalho. Ultrapassar este obstáculo e simultaneamente conseguir esclarecer o que se pretende, neste estudo, ao mencionar o desenvolvimento de tarefas que promovem a argumentação científica, exige fazer, pelo menos, uma descrição operacional do tipo de tarefas, características, objetivos e papéis de professores e alunos, que a literatura, no âmbito da educação em ciências, faz corresponder habitualmente a este conceito.

Para compreender melhor as questões diretamente relacionadas com a argumentação, é útil começar por fazer uma descrição sumária do que se entende por conhecimento científico. O objeto do conhecimento que se designa por científico é o mundo natural (Artigas, 1999). Convém, no entanto, distinguir

o mundo natural por um lado, a realidade existente e que embate nos nossos pensamentos e ações, e por outro o *nosso conhecimento desse mundo*. Assumimos que o mundo natural existe e tem propriedades consistentes, não temos contudo acesso direto ao mundo, e por isso o nosso conhecimento dele é construído. O conhecimento é, portanto, uma construção humana (Driver et al., 2000, p. 295).

O facto de ser uma construção humana significa que é aperfeiçoável, não se podendo considerar nunca completo. Estes mesmos autores acrescentam que, embora todo o conhecimento científico tenha algum grau de provisoriedade intrínseco, é conveniente discernir «as ideias que resistiram ao teste do tempo e formam um corpo estável de conhecimento, dos conhecimentos em áreas fronteira – ciência-em-construção – onde ainda há debate e controvérsias» (p. 295).

O conhecimento que é objeto da educação em ciências é o conhecimento já estabelecido e que se poderia julgar que não necessita qualquer tipo de

argumentação para ser aceite pelos alunos. A realidade mostra o contrário. As teorias psicológicas revelam que a pessoa necessita construir o seu próprio conhecimento de uma forma análoga à que se verifica na construção do conhecimento científico (Taber, 2009). Este é habitualmente aprendido por etapas, começando com modelos muito simplificados da realidade, que os alunos vão progressivamente aprofundando e confrontando com os seus próprios modelos mentais (Henderson et al., 2015; Sevian, Talanquer, Bulte, Stacy & Claesgens, 2014; Taveira, 2013).

Em Química, que é objeto específico deste estudo, o uso de modelos é especialmente importante, pois estão na base da explicação da maioria dos fenómenos estudados nesta disciplina (Justi & Gilbert, 2006). Os alunos chegam às aulas com modelos muito diferentes uns dos outros e, em muitos casos, incompatíveis com os modelos científicos vigentes (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1994; Treagust et al., 2010; Tsaparlis & Sevian, 2013a). Para alterar esses modelos, é necessário que compreendam que o modelo científico explica a realidade melhor do que as suas ideias prévias. «O desafio de um professor de ciências pode ser visto como o de ser capaz de persuadir da validade do modelo científico» (Henderson et al., 2015, p. 1672). Uma excelente estratégia para o conseguir parece ser o uso da argumentação (Driver et al., 2000; Garcia-Mila & Andersen, 2008; Kuhn, 2010; Simon & Maloney, 2007).

Mas será que os alunos estão interessados nas questões científicas? Que problemas ou questões são essas que a ciência pretende responder? Henderson et al. (2015) apontam três questões principais, acrescentando que são habitualmente respondidas usando seis «estilos» diferentes de raciocínio. Nos quadros 2.1 e 2.2 são apresentadas, respetivamente, as questões e as diferentes formas que os cientistas têm usado para lhes dar resposta.

De acordo com os autores referidos, as questões ontológica e causal são aquelas às quais se tem prestado tradicionalmente mais atenção no ensino das ciências. Embora fulcrais, têm-se mostrado insuficientes para uma compreensão adequada da ciência e das questões científicas. A frequente ausência de referências, na sala de aula, ao modo como é construído o conhecimento científico (questão epistemológica), «suscita a falsa impressão de que a ciência é uma compilação de factos indiscutíveis sobre o mundo» (Driver et al., 2000,

Quadro 2.1: Questões que os modelos e teorias científicas procuram responder. Adaptado de Henderson, MacPherson, Osborne e Wild (2015).

Questão	Formulação
Ontológica	Como é o mundo natural?
Causal	Como podemos explicar o que observamos?
Epistemológica	Como é que conhecemos ou como é que podemos ter a certeza que os modelos correspondem à realidade?

Quadro 2.2: Estilos de raciocínio usados para responder às questões científicas. Adaptado de Henderson, MacPherson, Osborne e Wild (2015).

Estilos	Descrição
Dedução matemática	Uso da matemática para representar os fenómenos naturais.
Experimentação	Uso da experimentação para testar hipóteses ou descobrir padrões ou regularidades.
Modelização	Construção de modelos computacionais ou artefactos que reproduzam analogicamente a realidade.
Taxonomia	Classificação da variedade por comparação e sistematização taxonómica.
Probabilidades e estatística	Análise estatística de regularidades em populações ou cálculo de probabilidades.
Consideração evolutiva das origens	Análise histórica da génese do universo natural.

p. 288). Mas se a ciência é uma compilação de factos indiscutíveis, haverá ainda alguma coisa para fazer? Não será muito mais apelativo usufruir dos produtos acabados da ciência do que participar na sua construção? Como se poderá motivar para o estudo aprofundado das ciências? Csikszentmihalyi e Hermanson (1995, citados por Henderson et al., 2015) defendem que «a informação que é apresentada como verdadeira, sem perspetivas alternativas, faz perder a motivação para explorar e aprender mais» (p. 73). Para envolver os alunos na ciência é essencial transmitir a ideia de que ainda há muito que fazer neste campo. A compreensão da forma como surgem os modelos e teorias científicas é, por isso, importante não só para ter uma ideia mais completa sobre a ciência, mas também para motivar os jovens para escolherem carreiras nestas áreas.

Todos os estilos de raciocínio, referidos no quadro 2.2, envolvidos na construção do conhecimento científico exigem, entre outras coisas, a apresentação e a consideração do peso relativo de evidências na formulação de conclusões; a ponderação de modelos ou teorias alternativas; a interpretação de textos; a identificação de regularidades ou correlações entre grandezas; a planificação e realização de atividades experimentais; a interpretação de dados ou a avaliação da validade de uma possível relação causa-efeito (Kelly, Regev & Prothero, 2008; Driver et al., 2000). Esta breve listagem, embora incompleta, parece suficiente para mostrar que a construção dos modelos e teorias científicas é um processo complexo. Para o conseguir transmitir aos alunos, é necessário começar com modelos simplificados.

Um esquema muito simplificado, que pode servir para uma abordagem inicial é apresentado na figura 2.1. Neste esquema mostra-se como se pode proceder por indução, desde o mundo natural (evidências) até à generalização (modelos e teorias), e como os modelos podem ser confirmados (ou rejeitados) por dedução e validação, por contraste com evidências procedentes do mundo natural. Fica explícito, neste esquema, a importância das evidências como «árbitro supremo entre teorias alternativas» (Driver et al., 2000, p. 296). Não fica claro, no entanto, nem a natureza social do processo nem a dialética intrínseca aos processos de raciocínio, por via dos quais entram as questões da argumentação.

Na figura 2.2 é apresentado um outro esquema, também simplificado, que

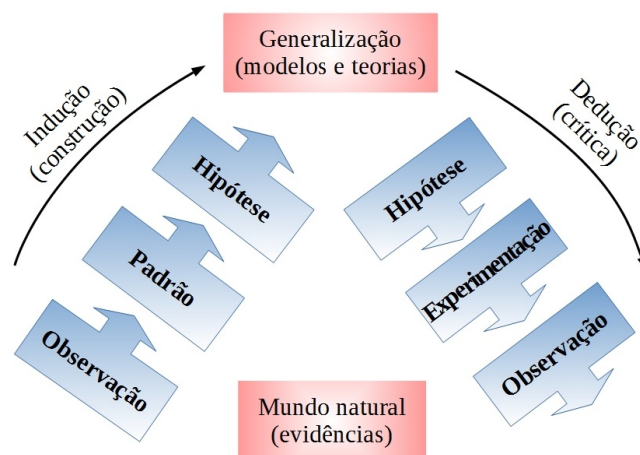


Figura 2.1: Arco do conhecimento. Adaptado de Oldroyd (1986, citado por Belin, 2014)

permite introduzir, de forma um pouco mais explícita, a relação da construção do conhecimento com a argumentação. Tal como as setas do esquema sugerem, estabelecer uma conclusão científica em ciência, envolve uma complexidade que ultrapassa a simples formulação de generalizações por indução, e a confirmação das teorias ou modelos (generalizações) por dedução. Pode começar, por exemplo, pela identificação de factos relevantes, a planificação de experiências e a análise de resultados. Os modelos já estabelecidos são reformulados ou ampliados por processos de raciocínio diversificados. Habitualmente não surge um único modelo explicativo, mas vários em competição, que têm de ser confrontados com dados empíricos para avaliar a maior ou menor adequação de cada modelo ao fenómeno (Driver et al., 2000). Ao longo de todo o processo «intervêm dinâmicas de comunicação e escrutínio público dentro da comunidade científica que conduzem a discussões destinadas a resolver controvérsias e atingir consensos» (Garcia-Mila & Andersen, 2008, pp. 29–30). Nestas dinâmicas de comunicação e escrutínio público a argumentação é um dos aspetos chave.

A argumentação, no entanto, é um processo presente em quase todas as realidades humanas, e a investigação tem demonstrado que os alunos possuem as destrezas necessárias para se envolverem na sua prática (Berland

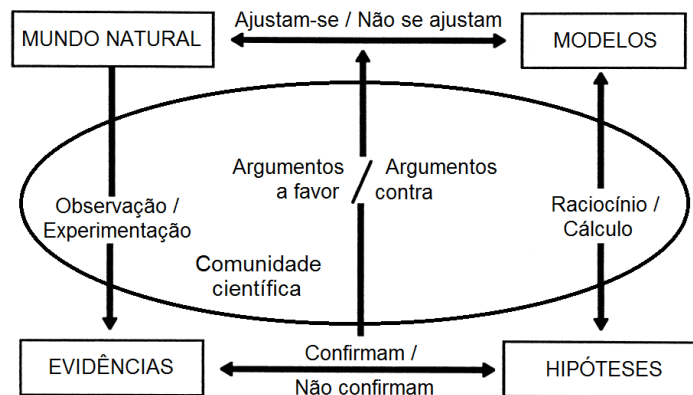


Figura 2.2: Esquema simplificado da interação entre raciocínio, teoria e argumentação no desenvolvimento das ideias científicas. Adaptado de Driver, Newton e Osborne (2000).

& McNeill, 2010). Neste estudo, interessa analisar não um tipo genérico de argumentação, mas antes a argumentação própria da construção científica. Haverá diferenças? O que se entende por «argumento», «argumentar» ou «argumentação» na linguagem comum? O Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea da Academia das Ciências de Lisboa apresenta as definições expostas no quadro 2.3. Sem entrar em questões sobre a coerência ou a circularidade das definições apresentadas, observam-se nestas definições alguns padrões que são comuns aos que os investigadores associam à argumentação científica.

Um desses padrões característicos é a tentativa de persuadir («convencer», «provar», «defender», «demonstrar») o interlocutor da validade (ou falsidade) de uma conclusão ou afirmação (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008; Osborne & Patterson, 2011). Na linguagem comum, contudo, quer «argumento», quer «argumentação» podem referir-se tanto ao processo («raciocínio», «discussão», «ação», «sistema de»), como ao seu resultado («dito ou escrito», «conjunto de»). Convém sublinhar, como indicado na definição de argumento do quadro 2.3), que, na linguagem comum, argumento pode ter a conotação pejorativa de «altercação» ou «pugna verbal», que interessa excluir totalmente no contexto educativo (Osborne, Erduran, Simon & Monk, 2001).

Quadro 2.3: Definições de «argumento», «argumentar» ou «argumentação». Retirado de Malaca Casteleiro (2001).

Conceito	Definição
Argumento	1. Raciocínio, razão ou prova destinados a demonstrar a lógica, a verdade ou a falsidade de uma afirmação, uma tese, . . . ; dito ou escrito que contenha esse raciocínio. . . . 2. Discussão; alteração; pugna verbal. . . . (pp. 334-335)
Argumentar	1. Procurar convencer ou demonstrar com argumentos; expor razões, fundamentos para provar, defender, atacar, uma opinião, uma tese, . . . ; apresentar argumentos contra ou a favor, fazer uma argumentação. . . . (p. 334)
Argumentação	1. ação, resultado ou sistema de argumentar, de expor um conjunto de razões, fundamentos ou argumentos para provar uma tese, defender uma opinião, fundamentar uma crítica, . . . 2. Conjunto de argumentos, de razões e provas ligadas entre si, para se chegar a uma conclusão ou para a justificar. (p. 334)

Para evitar a ambiguidade observada na linguagem comum, usar-se-á ao longo deste trabalho «argumentar» ou «argumentação» para referir o processo discursivo ou de raciocínio, e «argumento» para referir o resultado, ou conteúdo desse processo, na forma de expressões escritas ou orais (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008; Osborne, Erduran & Simon, 2004a). No que diz respeito às estratégias de ensino, será necessário identificar aquelas que permitam ultrapassar a visão da argumentação como «altercação» ou «pugna verbal» (Henderson et al., 2015).

A argumentação científica, enquanto processo, é uma realidade dialógica que inclui pelo menos dois interlocutores que se envolvem numa discussão, passando por uma série de argumentos, contra-argumentos e réplicas, com o objetivo de chegar a um consenso. A argumentação pode ser entendida também como parte da atividade intramental, ainda que inconsciente, in-

trínseca aos próprios processos de raciocínio, e que implicam a coordenação de modelos, evidências e métodos (Garcia-Mila & Andersen, 2008; Osborne & Patterson, 2011).

Ford (2008, citado por Berland & Reiser, 2011) defende que a argumentação científica requer que os interlocutores assumam tanto o papel de construtores como de críticos, para persuadir os outros. O «construtor», por um lado, usa a argumentação para defender e fundamentar as suas ideias, procurando assegurar a concordância dos interlocutores com os seus pontos de vista. O «crítico», por outro, procura, através de questionamento e raciocínio, explorar possíveis falhas na argumentação dos interlocutores (Henderson et al., 2015; Kuhn, 2010). Embora não seja possível estabelecer uma fronteira clara entre estes dois papéis, a construção pode ser compreendida como o processo pelo qual se estabelecem diferentes relações entre evidências e modelos explicativos, enquanto a crítica permite explicitar os pontos em que há divergência e avaliar qual das ideias «é mais fértil, plausível ou simplesmente parcimoniosa» (Henderson et al., 2015, p. 1683).

Numa situação em que os interlocutores se envolvem num discurso argumentativo, nem todas as intervenções têm como objetivo persuadir os outros. Parte do discurso deve ter como objetivo tentar compreender o ponto de vista dos outros. Assim, ainda que a persuasão seja uma característica do processo argumentativo, para conseguir atingir um consenso, é necessário que os interlocutores sejam capazes de prestar atenção aos argumentos dos outros, tentando compreendê-los e refletindo sobre as implicações que têm sobre as suas próprias ideias (Berland & Reiser, 2011). O diagrama apresentado na figura 2.3 pretende esquematizar alguns aspetos associados à «persuasão» e à «compreensão», presentes na prática da argumentação.

Resumindo, a prática da argumentação em sala de aula deve conduzir ao desenvolvimento das formas de raciocínio próprias do trabalho científico; estimular e motivar os alunos para a discussão das suas ideias sobre o mundo natural; desafiar os alunos a questionar essas ideias, considerando evidências que as contrariam e promover a compreensão de modelos mais consistentes para explicar essas mesmas evidências (Simon & Maloney, 2007). Entre as potencialidades associadas pelos investigadores a este tipo de práticas: estão o desenvolvimento da capacidade de avaliar a validade de evidências; o reco-

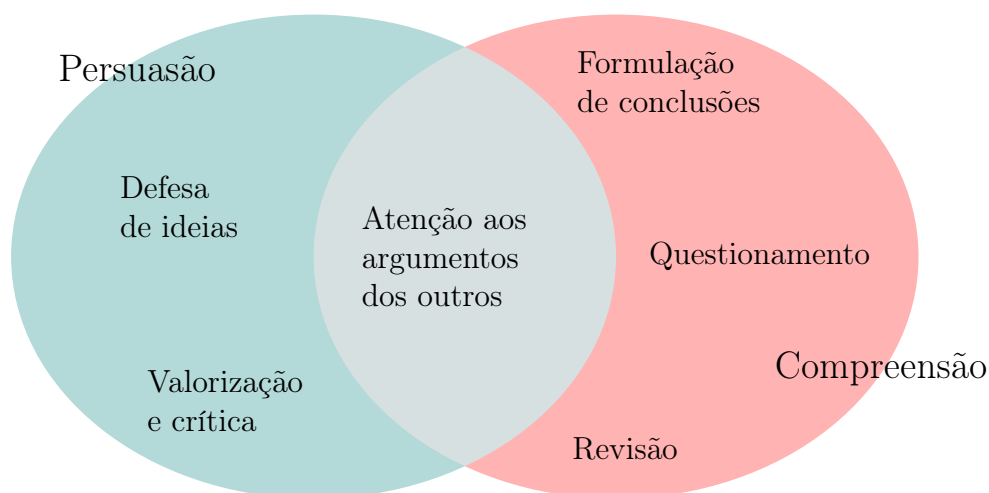


Figura 2.3: Papéis assumidos durante uma discussão envolvendo argumentação. Adaptado de Berland e Reiser (2011)

nhecimento da diferença entre relações de causalidade e meras correlações; a manifestação rápida de concepções alternativas; a inclusão de todos os alunos, especialmente os que apresentam menor rendimento ou os sobredotados com baixo rendimento; o fortalecimento das relações entre os alunos e a criação de ambientes aprendizagem colaborativos; ou uma grande flexibilidade na sua aplicação em sala de aula¹ (Osborne et al., 2001; Shakespeare, 2003).

Depois de analisar o que se refere à prática da argumentação, levanta-se a questão sobre o tipo de argumentos que os alunos serão capazes de formular no ensino básico ou que elementos essenciais devem estar presentes num argumento. Berland e Reiser (2011) sugerem que um argumento na sua forma mais básica envolve uma conclusão, ou resposta a uma questão; evidências ou dados que suportam a conclusão; e uma justificação ou raciocínio lógico, que relaciona as evidências com a conclusão. Além destes elementos básicos, um argumento pode conter também pressupostos, explicitando a referência às teorias ou modelos que fundamentam a validade da justificação; condições

¹Esta flexibilidade pode traduzir-se, por exemplo, na duração; na possibilidade de ser desenvolvida individualmente, em pequeno grupo ou com toda a turma; na facilidade para se ajustar a diferentes segmentos da aula (formulação de questões de partida, trabalho autónomo, discussões coletivas, etc.); ou ser iniciada de modo improvisado para esclarecer dúvidas manifestadas pelos alunos.

Quadro 2.4: Elementos presentes na estrutura de um argumento. Adaptado de Driver, Newton e Osborne (2000).

Conceito	Descrição
Conclusão	Afirmção cuja validade se pretende demonstrar.
Evidências	Factos ou dados nos quais se apoia a conclusão.
Justificação	Razões (leis, princípios, etc.) que fundamentam a relação entre as evidências e a conclusão.
Pressupostos	Informação prévia, que se assume ser partilhada pelos intervenientes, e que fundamenta a validade das justificações apresentadas.
Condições de validade	Requisitos que têm de se verificar para que a relação entre as evidências e a conclusão seja válida; constituem as fronteiras de validade da conclusão.
Exceções	Especificam condições para as quais a relação entre as evidências e a conclusão não é válida.

de validade da conclusão e exceções (Driver et al., 2000). No quadro 2.4 apresenta-se uma descrição dos elementos típicos de um argumento.

Para responder à questão «qual é o ponto de ebulição da água?», por exemplo, poderia apresentar-se a seguinte resposta: o ponto de ebulição da água, à pressão de 100 kPa, é 100 °C. Para apoiar esta afirmação, poderia apresentar-se o seguinte argumento: o ponto de ebulição da água, à pressão de 100 kPa, é 100 °C, porque quando a água, a esta pressão, atinge os 100 °C, a sua evaporação torna-se rápida e tumultuosa. As evidências são a temperatura e a pressão medidas, quando se observa a ebulição. A justificação, que neste caso está implícita na resposta, é: «o ponto de ebulição de um substância é a temperatura à qual a sua pressão de vapor é igual à pressão a que a fase líquida está submetida. A esta temperatura e pressão, o líquido passa de forma rápida e tumultuosa ao estado de vapor, quando aquecido».

Este é um argumento simplificado, ao qual se poderiam apontar várias

objeções. Como se mede a temperatura da água em ebulição? A temperatura da massa de água é igual em todo o seu volume? E a pressão? Para responder a estas questões é necessária uma compreensão profunda do modelo corpuscular da matéria e da termodinâmica. A prática da argumentação tem potencialidade para suscitar este tipo de questões, motivando para uma compreensão mais profunda dos conceitos abordados.

Numa primeira abordagem, será pedido aos alunos que saibam identificar evidências e fundamentá-las. À medida que forem aprofundando os conhecimentos, será conveniente que sejam capazes de identificar claramente condições de validade das suas justificações, possíveis objeções e os modelos em que se fundamentam, construindo argumentos cada vez mais complexos. Salienta-se que, para um desenvolvimento ótimo das competências associadas à argumentação científica, é necessária a sua prática no âmbito científico, bem como uma adequada compreensão dos conceitos científicos envolvidos (Kuhn, 2010). Neste trabalho, entende-se, então, a promoção da argumentação científica em sala de aula, não como imitação do tipo de argumentação que se realiza na comunidade científica, mas como a sua prática, em sala de aula, envolvendo os conceitos científicos abordados.

2.2 Argumentação e literacia científica

Como foi mencionado na introdução, atualmente há um reconhecimento generalizado de que os sistemas de ensino são vitais para a sustentabilidade económica, ambiental e social, numa sociedade tecnologicamente desenvolvida. É também amplamente aceite, que o conhecimento da ciência e das formas de raciocínio a ela associados são fundamentais para uma participação, competente e responsável, na resolução de muitas situações que requerem a intervenção dos cidadãos. Por último, para manter o desenvolvimento tecnológico e científico, verifica-se ser necessário envolver e motivar os jovens para as questões científicas e despertar o seu interesse em prosseguir carreiras nestas áreas (Mansour & Wegerif, 2013).

Esta perspetiva reflete, por um lado, a importância que têm a ciência e a tecnologia no desenvolvimento pessoal, social e económico dos indivíduos e das sociedades (OECD, 2008) e, por outro, assume a perceção que, contem-

poraneamente, os indivíduos têm dos valores da liberdade e da autonomia. Em 1969, García Hoz afirmava que:

se tentarmos inserir a educação na realidade da existência humana, somos confrontados imediatamente com o contexto social em que a vida se desenvolve, e deparamo-nos, *hoje mais do que nunca, com a liberdade, problema e possibilidade da educação*. Porque a consciência da liberdade se desenvolveu extraordinariamente no nosso mundo e alcança, não só adultos, mas também, e com perfis mais agressivos, a juventude.

Talvez por ação dos novos meios de comunicação, entre outros fatores, o homem de hoje, o jovem, sente-se implicado como membro ativo, isto é, como pessoa, como sujeito com liberdade pessoal, no desenvolvimento da sociedade e rejeita, cada vez com mais vigor, ser dominado por esta. Que a liberdade deve ser considerada como fim e meio de educação, é, hoje mais do que nunca, uma exigência de toda a atividade educativa. (p. 211)

Os alunos, conseqüentemente, não podem ser vistos como meros recetores de informação, nem como incompetentes na definição dos seus percursos de vida. É inquestionável que o indivíduo não é capaz, isoladamente, de definir o conjunto das aprendizagens mais convenientes para o seu desenvolvimento pleno a longo prazo, mas essas aprendizagens não lhe devem ser impostas, mas propostas. O aluno deve entender a sua lógica e aceitá-la, num respeito profundo pela sua liberdade e dignidade pessoais. No que se refere à ciência e à tecnologia, o conjunto de aprendizagens que os investigadores consideram básicas para a formação integral dos cidadãos, faz parte daquilo que se designa por «literacia científica».

Atendendo à definição de literacia científica expressa no relatório PISA de 2012 (OECD, 2013a), esta abarca:

o conhecimento científico dos indivíduos e o uso desse conhecimento para identificar questões, adquirir novos conhecimentos, explicar fenómenos científicos e apresentar conclusões, apoiadas em evidências, sobre assuntos relacionados com a ciência; a compreensão das características próprias da ciência como forma de conhecimento e investigação; a perceção do modo como a ciência e a tecnologia conformam a realidade material, intelectual e cul-

tural; e a disposição para se envolver, com uma atitude reflexiva, em assuntos relacionados com a ciência ou tendo origem em ideias científicas. (p. 100)

Assim, o conhecimento científico passa necessariamente pelo conhecimento dos resultados da atividade científica, que se poderia denominar conhecimento da ciência, mas deve incluir também o conhecimento sobre a ciência e através da ciência. O conhecimento da ciência, inclui os conhecimentos sobre os fenômenos e sobre os modelos usados para os explicar, nas áreas da Física, da Química, das Ciências da Terra e da Vida, ou no âmbito da Tecnologia e do Ambiente. O conhecimento sobre a ciência compreende o conhecimento dos processos envolvidos na investigação e na construção dos modelos científicos (OECD, 2013a). O conhecimento através da ciência, procura desenvolver nos alunos atitudes, modos de pensar, comunicar, etc. que são inerentes à atividade científica e que estão na base do seu êxito. Como refere Driver et al. (2000) saber ciência implica então:

conhecer não só *o que é* um dado fenómeno, mas também *como é* que se relaciona com outras evidências científicas, *por que razão é* importante e *como é* que esta perspectiva da natureza surgiu. Conhecer qualquer um destes aspetos separadamente é insuficiente. (p. 297)

No que diz respeito ao objetivo deste estudo, a argumentação está presente quer no conhecimento da ciência, uma vez que a prática da argumentação científica não é possível sem este conhecimento; quer no conhecimento sobre a ciência, reconhecendo a função da argumentação na construção do conhecimento científico; quer ainda no conhecimento através da ciência, uma vez que assumindo um papel ativo em processos argumentativos os alunos de algum modo podem experimentar atitudes e processos usados na construção da ciência (Ryu & Sandoval, 2012).

Na secção anterior foi referido que a argumentação e os argumentos fazem parte da essência da atividade dos cientistas e desempenham um papel central na resolução das controvérsias científicas (Driver et al., 2000). Parte da atividade científica passa pelo teste e a análise da maior ou menor resistência à falsificabilidade de diferentes teorias explicativas para um fenómeno.

A capacidade de persuadir a comunidade científica sobre a validade de uma hipótese explicativa, a identificação e interpretação de dados, ou a seleção, apoiada em evidências, do modelo mais adequado para explicar um mesmo fenómeno, são exemplos de situações em que a argumentação é usada na construção do conhecimento científico. Estes autores sustentam também que a ausência da prática da argumentação em sala de aula impede que os alunos desenvolvam a capacidade de examinar criticamente as explicações associadas às frequentes questões socio-científicas que surgem no seu dia a dia. Assim, «para desenvolver uma adequada educação em ciência é necessário repensar as práticas de ensino dos professores, de modo a tornar patente que o conhecimento científico resulta de uma construção social» (Driver et al., 2000, p. 289).

Maloney e Simon (2006) defendem que os currículos de ciências devem incluir o desenvolvimento de competências que permitam aos alunos fazer apreciações sobre a fiabilidade de evidências científicas ou sobre a validade e o grau de confiança de conclusões científicas; compreender a forma como o conhecimento científico evolui e ter consciência de que há ainda muitos fenómenos para os quais não existe uma explicação científica universalmente aceite.

Em Portugal, nas orientações curriculares para o ensino das Ciências Físicas e Naturais, na secção onde se apresentam as competências específicas para a literacia científica a desenvolver no 3.º ciclo do ensino básico, a argumentação é mencionada explicitamente no domínio da comunicação, propondo o uso de estratégias educativas que permitam aos alunos a «vivência de situações de debate que permitam o desenvolvimento das capacidades de exposição de ideias, defesa e argumentação» (Galvão et al., 2001, p. 7). Contudo, tal como referido antes, a argumentação não está presente apenas em situações de debate ou discussão, constituindo também um aspeto essencial da atitude inerente ao trabalho científico e desempenhando um papel relevante no desenvolvimento das competências de raciocínio (Driver et al., 2000). Podemos, neste sentido, identificar de modo implícito outros aspetos relacionados com os processos de argumentação nas orientações curriculares nacionais. Por exemplo, quando, no âmbito da competência de raciocínio, se propõe o desenvolvimento de situações de aprendizagem centradas na «for-

mulação de problemas e de hipóteses, planeamento de investigações, previsão e avaliação de resultados, estabelecimento de comparações, realização de inferências, generalização e dedução» (Galvão et al., 2001, p. 7); quando se propõe a implementação de atividades que envolvam o questionamento dos «resultados obtidos, a reflexão crítica sobre o trabalho efectuado, a flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza, a reformulação do seu trabalho» (Galvão et al., 2001, p. 7); ou «a análise e discussão de evidências, situações problemáticas, que permitam ao aluno adquirir conhecimento científico apropriado» (Galvão et al., 2001, p. 7); etc.

Em 2008, numa revisão relativa à presença da promoção da argumentação em currículos de ciências Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) afirmam que em vários países «há uma tendência crescente para incorporar ideias sobre a forma como ocorre a construção do conhecimento científico e como a argumentação pode contribuir para esse processo» (p. 17). Estas autoras acrescentam que a «inclusão da avaliação da argumentação nos estudos PISA é um sinal encorajador do reconhecimento da sua relevância como competência a desenvolver» (p. 17). No entanto, apontam que «apesar dos esforços no que diz respeito às políticas internacionais referentes aos currículos de ciências, a prática da argumentação no dia a dia das aulas de ciências mantém-se muito reduzida» (p. 20).

2.3 Argumentação e a natureza das tarefas

Como é que se pode promover a argumentação científica em sala de aula? Nesta secção, serão apresentadas algumas das características que os investigadores mostram estar presentes nas tarefas em que a argumentação científica é promovida. Analisar-se-á também qual é o papel dos alunos e qual é o papel do professor nestas tarefas; bem como algumas formas de avaliar as aprendizagens dos alunos nestas situações.

As tarefas de cariz investigativo, proporcionam habitualmente contextos interessantes para o desenvolvimento das competências argumentativas, desde que sejam projetadas pelo professor com esse objetivo (Jiménez-Aleixandre, 2008). No entanto, Zohar (2008) chama a atenção que não é suficiente uma tarefa estar bem estruturada, para conseguir que os alunos assumam um

problema e o tentem resolver com ideias próprias. Uma condição igualmente necessária é o conhecimento pedagógico apropriado, do professor, para ser capaz de estimular os processos de raciocínio complexos e a reflexão sobre as estratégias de resposta às questões.

Para os alunos, as tarefas que envolvem argumentação são habitualmente muito exigentes do ponto de vista cognitivo. Será que os alunos com menor rendimento, também beneficiam destas estratégias? É interessante notar o modo como Zohar (2008) responde a esta questão. Apoiando-se em evidências empíricas, afirma que os «os estudos sugerem que é muito útil promover entre todos os alunos, qualquer que seja o seu rendimento académico, o envolvimento em tarefas que exijam raciocínio complexo, e em particular a argumentação» (p. 251). Este autor refere ainda que «os professores têm razão quando comentam que os alunos de menor rendimento consideram difíceis as tarefas que exigem raciocínios complexos» (p. 253) e podem sentir-se frustrados neste tipo de tarefas. Sugere, contudo, que não se rebaixem os objetivos propostos a estes alunos. Deve-se antes procurar dar um apoio adequado, que lhes permita atingir os objetivos. O apoio dado aos alunos pode assumir várias formas. Entre outras sugestões Zohar (2008) aponta as seguintes: mostrar exemplos ou propor esquemas de resolução; dividir problemas complexos em partes mais simples; pedir aos alunos para começar pela análise de uma pequena parte de um problema mais complexo; dar pistas de resolução; ou tornar as questões mais complexas um pouco menos abertas, por exemplo, pedindo aos alunos que escolham entre várias alternativas e apresentem razões para a sua opção. Além das referidas, há muitas outras estratégias que podem ser usadas para controlar o nível de complexidade de tarefas que promovem a argumentação, quer no desenvolvimento da aula, quer na estrutura das tarefas. No quadro 2.5 apresentam-se algumas variáveis que permitem fazer este ajuste.

Será necessário que os alunos conheçam, explicitamente, a estrutura de argumento científico para saber argumentar? Na literatura não há evidências empíricas que respondam inequivocamente a esta questão. Alguns autores, no entanto, referem que, para aprender a argumentar, é necessário, além de construir as tarefas com este objetivo, apresentar, aos alunos, bons exemplos e modelos que possam guiar a formulação dos argumentos (Osborne et al.,

Quadro 2.5: Variáveis que podem tornar mais ou menos complexas, as tarefas que promovem a argumentação. Adaptado de Berland e McNeill (2010).

Dimensão	Simple	Complexa
Contexto	<p>A questão é fechada tendo apenas duas ou três respostas possíveis.</p> <p>O conjunto de dados é reduzido e suficiente para justificar a questão.</p> <p>O conjunto de dados fornecido inclui apenas dados relevantes e adequados.</p> <p>O professor dá apoio detalhado.</p>	<p>A questão é aberta e tem múltiplas respostas possíveis.</p> <p>Não são fornecidos dados aos alunos.</p> <p>O conjunto de dados fornecido inclui dados relevantes, e irrelevantes ou inadequados.</p> <p>O professor não dá apoio.</p>
Argumentos	<p>É pedido aos alunos que apresentem apenas uma justificação para a conclusão.</p> <p>Os elementos do argumento são válidos.</p> <p>Não é pedido aos alunos que apresentem contra-argumentos.</p>	<p>A conclusão deve ser justificada com suporte em evidências, e devem ser explicitadas detalhadamente as condições de validade, exceções e pressupostos.</p> <p>Os elementos do argumento devem ser válidos, relevantes e suficientes, para justificar a conclusão.</p> <p>É pedido aos alunos que apresentem contra-argumentos plausíveis e que os refutem com justificações fundamentadas em evidências.</p>
Argumentação	<p>Na discussão, os alunos apresentam uma conclusão e defendem-na; questionam os colegas que têm conclusões diferentes; <i>ou</i> explicitam diferenças de ideias.</p> <p>A participação na argumentação é solicitada e moderada pelo professor.</p>	<p>As conclusões são apresentadas, defendidas e avaliadas à luz dos argumentos contrários; as ideias contrárias são questionadas, avaliadas e rebatidas com evidências apropriadas; <i>e</i> os argumentos são reformulados incorporando os novos aspetos identificados na discussão.</p> <p>A participação na argumentação é espontânea e moderada pelos alunos.</p>

Quadro 2.6: Esquema usado para suscitar a formulação de diversos elementos do argumento. Adaptado de Osborne, Erduran e Simon (2004a).

Elemento	Expressão indutora
Conclusão	A nossa ideia é. . .
Evidências	Os dados que apoiam a nossa ideia são. . .
Justificação	Os dados referidos apoiam a nossa ideia porque. . .
Contra-argumentos	Os argumentos que contrariam a nossa ideia são. . .
Refutação dos contra-argumentos	Nós tentaríamos convencer alguém com uma opinião contrária à nossa dizendo que. . .

2001; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008). Uma estratégia que os estudos empíricos indicam ter dado bons resultados, é a formulação das questões de modo a solicitar expressamente os diversos elementos do argumento. No quadro 2.6 apresenta-se um exemplo, adaptado de Osborne et al. (2004a), deste tipo de estratégia.

No que diz respeito à natureza das questões que são colocadas aos alunos Jiménez-Aleixandre (2008) refere que as tarefas devem ser concebidas de modo a poderem conduzir a diferentes resultados ou admitir mais do que uma explicação. Dada a importância central das evidências na construção do conhecimento científico, deve também ser sempre solicitado aos alunos que estabeleçam relações claras entre as conclusões que apresentam e as evidências em que se apoiam (Berland & Reiser, 2011).

Que outros aspetos os alunos devem ser capazes de realizar numa tarefa em que se promove a argumentação? Um dos aspetos essenciais é o uso de competências relacionadas com o trabalho colaborativo, realizado de um modo sistemático e com objetivos bem definidos (Gillies, 2003; citado por Maloney & Simon, 2006). Os estudos nesta área mostram que as aprendizagens são maiores quando os alunos partem, nas discussões, com diferentes

concepções prévias, mesmo que essas concepções sejam inadequadas. Parece assim ser mais importante a disparidade de estratégias e a disposição de prestar atenção às ideias dos colegas, do que o conhecimento prévio das estratégias mais adequadas para resolver os problemas (Henderson et al., 2015).

Relativamente ao papel dos alunos nas tarefas que promovem a argumentação científica, Jiménez-Aleixandre (2008) refere que para aprender a justificar uma conclusão ou criticar conclusões apresentadas por outros, é necessário que isto seja pedido aos alunos nas tarefas desenvolvidas em aula. Analogamente, para que os alunos considerem argumentos contrários aos seus é preciso suscitá-lo com questões adequadas (Henderson et al., 2015). É ainda imprescindível que os contextos de aprendizagem que procuram promover a argumentação comprometam os alunos na reflexão sobre os seus próprios conhecimentos, estimulando-os a assumir os papéis de críticos e construtores do seu próprio conhecimento, de modo autónomo. Para que os alunos possam compreender as potencialidades da argumentação é também indispensável que aprendam a valorizar as ideias uns dos outros. No quadro 2.7 apresentam-se alguns exemplos de competências que os alunos precisam mobilizar em tarefas onde seja exigido o uso de argumentação.

No que diz respeito ao papel do professor Jiménez-Aleixandre (2008) afirma que este deve orientar o trabalho dos alunos e manter o rumo dos objetivos de aprendizagem, sem perder de vista os que dizem diretamente respeito às competências de argumentação. Lawson (2003, citado por Erduran, 2008) defende que os professores de ciências devem dirigir os seus esforços no sentido de promover que os alunos consigam formular o tipo de argumentos que fazem parte dos processos de construção científica, mais do que centrar-se na aprendizagem da sua estrutura. Para o conseguirem fazer, os professores devem ter um sólido conhecimento de estratégias de argumentação; saber identificar e ultrapassar as dificuldades inerentes à sua prática e assumirem, eles próprios, atitudes argumentativas (Zohar, 2008).

No quadro 2.8 resumem-se alguns exemplos de ações que um professor pode levar a cabo, em sala de aula, para promover a argumentação. Estas ações podem concretizar-se quer na estrutura das tarefas, quer na atitude do professor durante a aula. Nenhuma destas ações dispensa que os professores possuam um profundo conhecimento das matérias abordadas; dos

Quadro 2.7: Competências que os alunos necessitam ativar em tarefas que promovem a argumentação. Adaptado de Jiménez-Aleixandre (2008).

-
- Dar respostas a questões ou problemas de diferentes formas: propostas, previsões, explicações, procedimentos experimentais, artefactos, etc.
 - Escolher entre duas ou mais teorias ou explicações para um fenómeno, ou entre duas ou mais alternativas ou propostas de ação.
 - Justificar as suas respostas com evidências apresentadas em vários formatos, tais como: interpretar gráficos ou tabelas, confrontar evidências experimentais com hipóteses formuladas, relacionar conhecimentos prévios usando-os adequadamente para justificar as suas opções, etc.
 - Identificar e usar critérios adequados para distinguir bons de maus argumentos; avaliar a relevância de evidências concretas; partilhar significados para comunicar pontos de vista.
 - Esforçar-se por chegar a um acordo ou persuadir os pares sobre as vantagens de uma dada posição, com justificações fundamentadas em evidências.
 - Escrever ou falar sobre ciência: comparar os pontos fortes e fracos de diferentes procedimentos propostos para solucionar um problema experimental; formular hipóteses e propor procedimentos experimentais para as testar; construir, em grupo, apresentações sobre temas científicos; escrever relatórios sobre trabalhos de investigação.
-

objetivos de aprendizagem pretendidos; e das diferentes estratégias que os alunos poderão seguir para os atingir (Cowie, 2012).

Dada importância das discussões coletivas no desenvolvimento e na aprendizagem da argumentação, é conveniente que o professor cuide de modo especial estas situações. Shakespeare (2003) sugere algumas estratégias para as iniciar, manter e concluir em sala de aula. Um dos aspetos que menciona envolver maior dificuldade é a capacidade de responder a todas as questões que podem suscitar. Sublinha que o professor «deve valorizar positivamente

Quadro 2.8: Ações do professor que promovem a argumentação.

-
- formular questões abertas que exijam a elaboração de justificações;
 - incentivar os alunos a assumir diferentes perspectivas na resolução de um problema ou numa discussão;
 - incentivar os alunos a apresentar evidências para justificar as suas ideias;
 - promover ou fornecer critérios que facilitem a construção ou crítica dos argumentos, ou dos seus componentes;
 - solicitar a apresentação de contra-argumentos;
 - contestar as ideias dos alunos apontando as suas limitações ou inconsistências, valorizando, ao mesmo tempo, os aspetos positivos dessas intervenções;
 - criar situações que permitam a discussão em pequeno grupo, procurando colocar no mesmo grupo alunos que defendem ideias diferentes;
 - incentivar os alunos a defender e refletir sobre as suas ideias e as dos outros;
 - incentivar os alunos a criticar e reformular as suas afirmações com base em novas evidências ou limitações reconhecidas.
-

todos os comentários, questões ou respostas lógicas ou sensatas, ainda que cientificamente incorretas» (p. 107), pois qualquer intervenção bem pensada terá mantido viva a discussão e aprofundado a compreensão e o conhecimento. Quando os alunos se envolvem realmente numa discussão defendendo uma ideia e procurando compreender os argumentos contrários, aplicam seriamente os seus recursos cognitivos e dão importância ao modo como o seu esforço é valorizado quer pelo professor, quer pelos colegas. Neste tipo de discussões manifestam-se naturalmente muitas das concepções alternativas dos alunos, que poderão ser aproveitadas pelo professor em benefício das aprendizagens. No caso dos alunos que sistematicamente se refugiam na ignorância das questões, este autor sugere responder «Não há problema. Faça-te outra

Quadro 2.9: Aspectos a ter em conta na avaliação de argumentos. Adaptado de Driver, Newton e Osborne (2000).

Critérios	Descrição
Relevância	<ul style="list-style-type: none">– as evidências e a justificação são relevantes;– há uma relação adequada entre os diferentes elementos do argumento.
Suficiência	<ul style="list-style-type: none">– as evidências são suficientes para apoiar os aspetos principais da conclusão;– a conclusão é apresentada em contraste com teorias alternativas;– foram tidos em conta possíveis contra-argumentos;– discutem-se condições de validade da conclusão e possíveis exceções.
Validade	<ul style="list-style-type: none">– a conclusão é formulada de modo inequívoco;– os dados apresentados são verdadeiros, prováveis ou fiáveis;– a justificação estabelece uma relação lógica entre as evidências e a conclusão.

pergunta depois» (p. 107) e não deixar de o fazer passadas três ou quatro novas questões, insistindo até que o aluno se sinta confortável para contribuir para a construção do resultado com as suas próprias ideias.

Relativamente ao modo de avaliar as tarefas é importante partilhar, com os alunos, critérios claros sobre o seu desempenho nas tarefas (Jiménez-Aleixandre, 2008). No quadro 2.9 apresentam-se alguns dos critérios que podem orientar a avaliação de argumentos escritos, baseados no trabalho de Driver et al. (2000). Estes autores sublinham que para uma avaliação adequada dos argumentos dos alunos é essencial apreciar concomitantemente como é que o conhecimento substantivo da disciplina foi incorporado na sua formulação.

Por último, de acordo com Berland e Reiser (2011) não se deve introduzir a prática da argumentação e limitar-se a analisar o seu resultado, isto é, se os argumentos apresentados estão formalmente bem estruturados. É igualmente

Quadro 2.10: Aspectos a ter em conta na avaliação da prática da argumentação. Adaptado de Driver, Newton e Osborne (2000).

-
- A mesma expressão pode ter diferentes significados em contextos diferentes, que devem ser tidos em conta.
 - Na sucessão natural de uma discussão, as ideias não são apresentadas de modo sequencial e ordenado, sendo necessário prestar atenção às diversas intervenções de cada aluno ao longo de toda a discussão para identificar os aspectos essenciais da argumentação.
 - Frequentemente, parte dos argumentos não é explicitada no discurso oral, mas é pressuposta.
 - Nem todos os aspectos dos argumentos são materializados no discurso oral, alguns podem ser transmitidos por meio de gestos, apresentação de esquemas, manipulação de objetos, etc.
-

importante avaliar se a discussão em aula permitiu aos alunos desenvolver os diferentes aspectos associados à argumentação, assumindo os papéis de construtores e de críticos, bem como exercitar as dimensões da persuasão e da atenção aos argumentos dos outros, procurando compreendê-los. A avaliação da prática da argumentação põe mais dificuldades ao professor, mas não deve ser esquecida, se se pretende que os alunos desenvolvam de modo pleno as competências procuradas neste tipo de tarefas. No quadro 2.10 apresentam-se alguns pontos que o professor deve observar ter em conta nesta avaliação.

Concluindo, os argumentos científicos devem resultar do envolvimento em processos argumentativos para que os alunos realizem aprendizagens significativas.

Capítulo 3

Proposta didática

Neste capítulo, apresenta-se a proposta didática desenvolvida na abordagem dos temas do domínio «Materiais», do programa do 3.º ciclo da disciplina de Ciências Físico-Químicas, selecionados para a intervenção. Esta proposta foi organizada com o objetivo dos alunos desenvolverem as competências previstas nas orientações curriculares e metas da disciplina, dando especial destaque às que estão intimamente ligadas ao uso da argumentação num contexto científico.

O capítulo está dividido em duas secções. Na primeira secção, apresenta-se a fundamentação científica dos principais conceitos abordados na intervenção e na segunda, a fundamentação didática da proposta. Nesta última, explica-se o enquadramento curricular da proposta e o uso da argumentação no contexto da unidade didática. Faz-se também uma breve descrição de cada uma das tarefas, da sequência das aulas e da avaliação dos alunos.

3.1 Fundamentação científica

O que é a matéria? O Gold Book da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) não apresenta nenhuma definição deste conceito (IUPAC, 2014). Atkins e Jones (2010) referem que o conceito de matéria «é difícil de definir de modo preciso, sem recorrer a conceções avançadas de física das partículas elementares» (p. F5). Para ultrapassar esta dificuldade propõem uma definição de trabalho, que se encontra em muitos manuais de Química: a matéria é «tudo o que tem massa e ocupa espaço» (p. F5). Do

ponto de vista macroscópico esta definição é útil para uma primeira abordagem do tema.

Descendo ao nível subatômico a definição referida traz algumas dificuldades porque alguns dos constituintes daquilo que se denomina habitualmente por radiação também têm massa e ocupam espaço. É o caso, por exemplo, das radiações α e β . Assim, para distinguir matéria e radiação, a definição de matéria não pode estar baseada exclusivamente na massa e no volume. Por isso, neste trabalho se propõe designar matéria como tudo aquilo que é constituído por átomos, moléculas ou iões, ou mais genericamente por «entidades moleculares»¹, como são designados pela IUPAC. No quadro 3.1 são apresentadas as definições propostas pela IUPAC para as três entidades moleculares referidas.

Relativamente à definição de matéria baseada na massa e no volume, a definição proposta perde a evidência macroscópica, uma vez que as entidades moleculares não são identificadas pelos sentidos humanos. Ganha, contudo, em precisão e estabelece uma relação direta com os modelos científicos subjacentes à interpretação dos fenómenos químicos. Esta relação com os modelos científicos é tão importante que Feynman chega a afirmar que se, num cataclismo, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma frase fosse transmitida à geração seguinte, a frase que possuiria mais informação, em menos palavras seria: «todas as coisas são feitas de átomos – pequenas partículas que se movimentam perpetuamente, atraindo-se mutuamente quando estão a pequena distância, e repelindo-se quando são comprimidas umas contra as outras» (Feynman, Leighton & Sands, 2013, sec. 1–2).

Aceitando a definição proposta para o conceito de matéria, o estudo dos materiais será, então, o estudo de tudo o que é constituído por entidades moleculares; das interações entre estas; das propriedades macroscópicas observadas e das alterações que as entidades moleculares sofrem quando há transferências de energia entre sistemas materiais. Todas as teorias atuais sobre o comportamento macroscópico da matéria se apoiam no modelo cor-

¹A IUPAC (2014) define entidade molecular como «qualquer átomo, molécula, ião, radical, radical iónico, complexo, etc, que seja constitucional e isotopicamente distinguível de outros». Acrescenta ainda que esta expressão é usada para identificar «entidades singulares, independentemente da sua natureza», enquanto «espécie química» é usada para designar conjuntos ou agregados de entidades moleculares.

Quadro 3.1: Algumas das entidades moleculares constituintes da matéria. Definições da IUPAC (2014).

Partícula	Definição
Átomo	A partícula mais pequena capaz de caracterizar um elemento químico. É constituído por um núcleo com carga positiva (onde Z designa o número de prótons, ou número atómico) que é responsável pela maior parte da sua massa (mais de 99,9%), e Z eletrões que determinam o seu tamanho.
Molécula	Uma entidade eletricamente neutra constituída por mais do que um átomo ($n > 1$). Rigorosamente, uma molécula, na qual $n > 1$ deve corresponder a uma depressão na superfície de energia potencial suficientemente profunda para confinar pelo menos um estado vibracional.
Ião	Uma partícula atómica ou molecular com carga elétrica não nula.

puscular, por isso, parece muito conveniente conhecê-lo para compreender adequadamente o que é a matéria.

3.1.1 O modelo corpuscular

Os registos mais antigos de um modelo corpuscular remontam ao século V a.C. com Demócrito e Leucipo (Tsaparlis & Sevan, 2013b; S. S. Zumdahl & S. A. Zumdahl, 2007). Estes modelos, contudo, estavam fundamentados mais em conceções filosóficas e do que em evidências experimentais (Chalmers, 2009, citado por Tsaparlis e Sevan, 2013). O modelo corpuscular tal como é conhecido atualmente é uma construção do século XX. Só neste século, por exemplo, se registaram as primeiras evidências da existência de prótons e neutrões. São também do século XX, os modelos vigentes que explicam a constituição dos átomos e as interações entre eles.

Os constituintes básicos das entidades moleculares são os átomos. Estes

Quadro 3.2: Massa e carga elétrica das partículas constituintes do átomo

Partícula	Massa (kg)	Carga (C)
elétron	$9,109 \times 10^{-31}$	$-1,602 \times 10^{-19}$
protão	$1,673 \times 10^{-27}$	$+1,602 \times 10^{-19}$
neutrão	$1,675 \times 10^{-27}$	0

por sua vez são constituídos por um núcleo rodeado por uma nuvem eletrônica. O núcleo atômico é constituído por prótons e nêutrons (coletivamente designados por nucleões). A nuvem eletrônica é a zona do espaço onde há probabilidade de encontrar os elétrons que fazem parte do átomo. No quadro 3.2, apresentam-se a massa e a carga de cada um dos constituintes do átomo.

A massa de um elétron é cerca de duas mil vezes menor do que a de um nucleão, o que explica que a massa do átomo seja determinada principalmente pela massa do seu núcleo. Como se indicou no quadro 3.1, Z corresponde ao número de prótons do átomo, e distingue cada elemento químico. Os materiais que se encontram na natureza são constituídos por menos de uma centena de elementos diferentes.

O número de nucleões é designado por número de massa e representa-se habitualmente pela letra A . Átomos de um mesmo elemento, contendo diferente número de nêutrons designam-se por isótopos. Cada isótopo é caracterizado pelo número de massa e pelo número atômico (ou pelo símbolo químico²). Uma porção de uma substância elementar é normalmente constituída por uma mistura de vários isótopos do elemento químico correspondente.

Um isótopo pode ser transformado noutra, do mesmo elemento ou de outro elemento químico, por meio de uma transformação nuclear. Se esta transformação for espontânea, o isótopo diz-se radioativo. Uma amostra de uma substância elementar não radioativa pode considerar-se constituída

²Note-se que, ao mesmo número atômico, corresponde sempre o mesmo símbolo.

H																				He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne			
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar			
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr			
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe			
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo			
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

(Retirado de <http://www.ciaaw.org>)

Figura 3.1: Tabela periódica mostrando, a amarelo, os elementos com isótopos estáveis.

apenas por isótopos estáveis, isto é, aqueles para os quais não há evidências experimentais de decaimento radioativo (IUPAC, 2013). A determinação do peso molar de um elemento é realizada com base na composição isotópica média das amostras do elemento, encontradas na natureza. Na figura 3.1 apresentam-se os símbolos correspondentes aos elementos que compõem a matéria, destacando, a branco, aqueles que não têm isótopos estáveis conhecidos.

A massa de uma porção de qualquer substância, é igual à soma das massas de todas as entidades moleculares que a compõem. O volume de uma substância dependerá do estado de agregação das entidades moleculares que a compõem e, portanto, da distância média entre estas.

Teoricamente, as nuvens eletrônicas estendem-se infinitamente, pelo que não é possível calcular o volume de um átomo isolado. Na prática, a nuvem eletrônica de um dado átomo está limitada pelas dos átomos que a rodeiam, uma vez que os elétrons se repelem mutuamente. Então como se pode determinar o raio de um átomo? O seu valor pode ser estimado de várias maneiras, dependendo do elemento, e da natureza das interações entre o átomo em questão e outros átomos, do mesmo elemento, que o rodeiam. Algumas estimativas comuns são o raio covalente, o raio de van der Waals e o raio

Quadro 3.3: Estimativas do raio atômico de acordo com a natureza das interações: definições de Housecroft e Sharpe (2005)

Raio	Definição
covalente	Para o átomo de um elemento X, o valor do raio correspondente a uma ligação covalente simples, r_{cov} , é igual a metade da distância internuclear média, numa ligação homonuclear simples X–X.
de van der Waals	O raio de van der Waals, r_v , de um elemento X é igual a metade da distância mínima de aproximação de dois átomos de X não ligados.
metálico	O raio metálico é igual a metade da distância média entre o átomo central e os núcleos vizinhos mais próximos, numa estrutura cristalina sólida, e depende do número de coordenação do átomo central. Quando o número de coordenação é 12, esta grandeza costuma representar-se por r_{12} .

metálico. As definições, dadas por Housecroft e Constable (2006), para cada uma destas estimativas, são apresentadas no quadro 3.3. Determinado deste modo, o diâmetro de um átomo tem um valor próximo de 10^{-10} m, também designado por 1 Å. O diâmetro do núcleo atômico é, no entanto, da ordem dos 10^{-15} m, de onde resulta que o tamanho de um átomo é determinado essencialmente pelos seus eletrões, como referido no quadro 3.1.

Excluindo todos os fenómenos que implicam transformações nucleares, as interações entre entidades moleculares, que explicam as propriedades macroscópicas da matéria, são apenas eletromagnéticas e gravíticas. Ao nível atômico, contudo, as interações relevantes são essencialmente as eletromagnéticas, uma vez que a interação gravítica entre partículas atômicas é muito reduzida³. São as interações eletromagnéticas que explicam a formação de

³Para ter uma ideia da diferença, a força de atração gravítica entre dois eletrões separados de uma distância de 1 Å é da ordem de 10^{-51} N, enquanto a força de repulsão

moléculas, iões, radicais, complexos, etc., bem como os estados de agregação das partículas. O campo gravítico terrestre, em conjunto com as interações eletromagnéticas, explica também alguns dos comportamentos macroscópicos dos materiais, como por exemplo: o facto dos líquidos se ajustarem à forma do recipiente em que se colocam; as partículas sólidas precipitarem numa mistura heterogénea ou existir um gradiente de pressão na atmosfera terrestre. Por outras palavras, sem campo gravítico, os líquidos não se ajustariam à forma dos recipientes, nenhuma partícula sólida precipitaria numa mistura heterogénea, nem haveria atmosfera.

Antes de analisar de que modo as forças eletromagnéticas explicam as interações entre entidades moleculares, é importante considerar o movimento destas. Os fenómenos macroscópicos observados, resultam tanto das características das entidades moleculares, como dos seus movimentos. Os núcleos atómicos estão sempre em movimento, sendo o seu movimento acompanhado pelas nuvens eletrónicas. Nas entidades moleculares constituídas por mais de um núcleo atómico, estes mantêm posições fixas entre si, podendo vibrar dentro de certos limites. Há interações entre entidades moleculares, quando há choques entre as nuvens eletrónicas de diferentes entidades. Contudo, não se devem imaginar os choques ao nível subatómico de modo análogo aos choques observados ao nível macroscópico, porque as entidades moleculares, como se referiu atrás, não têm contornos bem definidos.

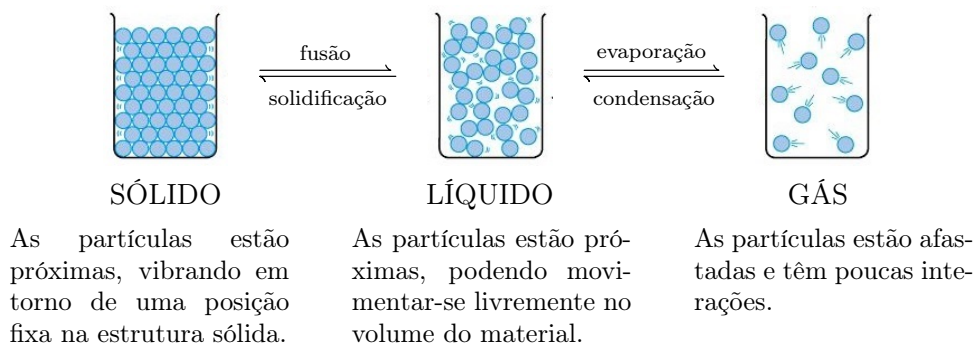
Alguns dos choques podem resultar em transformações químicas, se a composição ou a estrutura da entidade molecular sofrer alterações. Em transformações físicas, não se altera a estrutura das entidades moleculares, mas apenas o seu estado de agregação ou de movimento. Em qualquer caso, do choque de entidades moleculares, resultam sempre transferências de energia de umas para outras.

Embora, como se referiu atrás, as interações eletromagnéticas sejam suficientes para explicar a formação das diferentes entidades moleculares, bem como os estados de agregação entre elas, é útil classificar as interações em diferentes tipos. No quadro 3.4 apresenta-se uma descrição dos principais tipos de interações, tal como são definidas pela IUPAC (2014).

eletroestática entre os mesmos eletrões é da ordem de 10^{-8} N.

Quadro 3.4: Principais tipos de interações eletromagnéticas ao nível atómico e molecular. Adaptado de IUPAC (2014)

Tipo de interação	Descrição
Ligação iónica	Ligação entre átomos com eletronegatividade muito diferente. Em sentido estrito, ligação iónica refere-se à atração eletrostática gerada pela diferente carga elétrica de aniões e catiões, em contraste com uma ligação covalente pura. Na prática, é preferível considerar o maior ou menor carácter iónico da ligação, do que apresentar as ligações como iónicas puras ou covalentes puras.
Ligação covalente	Região de elevada densidade eletrónica entre núcleos atómicos, que resulta, pelo menos parcialmente, da partilha de eletrões entre estes, e dá origem a uma força atrativa e a uma distância internuclear característica.
Ligação de hidrogénio	Forma de associação entre um átomo eletronegativo e um átomo de hidrogénio, ligado a outro átomo eletronegativo. É melhor representada como uma atração eletrostática, reforçada pelo reduzido tamanho do hidrogénio, que possibilita uma maior proximidade entre os dipolos, ou cargas, envolvidas. Ambos os átomos eletronegativos pertencem habitualmente (embora não exclusivamente) ao 2.º período da tabela periódica, isto é, N, O ou F.
Interações de van der Waals	Interações atrativas ou repulsivas entre entidades moleculares (ou entre grupos dentro de uma molécula), diferentes das que dão origem às ligações que as constituem e também diferentes das interações eletrostáticas entre iões ou grupos iónicos, ou entre estes e entidades eletricamente neutras. Inclui as interações dipolo permanente–dipolo permanente; dipolo permanente–dipolo induzido e dipolo instantâneo–dipolo instantâneo induzido. Estas últimas são também designadas forças de London. Algumas vezes a designação interações de van der Waals é usada para a totalidade das interações intermoleculares, independentemente das suas características específicas.



(Adaptado de <http://www.100qns.com/the-nature-of-matter.html>)

Figura 3.2: Modelo corpuscular dos estados sólido, líquido e gasoso.

3.1.2 Estados físicos da matéria

As diferentes formas de agregação das entidades moleculares dão origem, macroscopicamente, aos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. O que é que distingue os estados físicos do ponto de vista macroscópico? Os sólidos têm habitualmente forma e volumes definidos. Os líquidos têm volume definido, mas a sua forma depende do valor relativo de três tipos de interação: a tensão superficial do líquido, a interação com as restantes superfícies com as quais está em contacto e o valor do campo gravítico do local em que se encontra. Um gás não tem nem volume nem forma definida, ocupando todo o volume do recipiente em que se encontre. O estado físico de uma substância, a uma dada pressão e temperatura, depende do tipo e da intensidade relativa das interações entre as entidades moleculares que a constituem (Atkins & Jones, 2010). Na figura 3.2 mostra-se uma representação gráfica dos diferentes estados físicos, indicando algumas das suas características e transformações.

O estado gasoso é o estado físico em que as entidades moleculares têm menor interação mútua. O modelo mais simples de um gás, é o dos gases perfeitos ou ideais. Neste caso, as interações entre as partículas constituintes do gás são apenas choques elásticos, não havendo quaisquer forças de atração ou repulsão entre elas. As partículas são, para todos os efeitos, indistinguíveis, podendo assumir diferentes estados de movimento. Destas premissas resulta que, num gás ideal, o volume é inversamente proporcional à pressão do gás.

Num gás real, mesmo que esteja constituído por uma só substância,

quando as entidades moleculares estão próximas umas das outras, as forças atrativas entre entidades vizinhas deixam de ser desprezáveis. E se a proximidade for ainda maior, as forças repulsivas começam a dominar sobre as atrativas, devido à sobreposição das nuvens eletrônicas, reduzindo a compressibilidade do gás (Atkins & Jones, 2010). À temperatura ambiente e a pressões próximas, ou inferiores, à pressão padrão⁴ a maioria dos gases reais comporta-se, com razoável aproximação, como um gás ideal. A reduzida interação entre as entidades moleculares explica também a elevada compressibilidade dos gases à temperatura ambiente e a pressões próximas ou inferiores à pressão padrão (Atkins, 1990).

Dado haver uma reduzida interação entre as entidades moleculares num gás, quando se juntam duas substâncias gasosas diferentes, estas misturam-se rapidamente, fenómeno que se designa por difusão (Atkins & Jones, 2010). É este fenómeno, que explica que a composição da atmosfera seja aproximadamente uniforme, e que a libertação de um gás tóxico, numa pequena zona do globo, possa afetar uma grande extensão à sua volta.

Comparativamente com os gases, os sólidos e os líquidos são quase incompressíveis (S. S. Zumdahl & S. A. Zumdahl, 2007). Os estados sólido e líquido podem ser coletivamente designados por fase condensada. O termo fase é mais genérico do que estado, sendo usado para indicar a forma material de uma substância, uniforme em toda a sua extensão, quer quanto à estrutura química, quer quanto ao estado físico. Assim, existem substâncias com diferentes fases sólidas, que correspondem a diferentes modos das entidades moleculares se «empacotarem» (Atkins & Jones, 2010). Numa mistura pode haver diferentes fases líquidas, se os líquidos forem imiscíveis. Em geral, a maior ou menor facilidade para duas substâncias se misturarem dependerá do tipo e da intensidade das interações entre as entidades moleculares que as compõem. Num mistura gasosa há sempre uma só fase, porque as interações entre as entidades moleculares são muito reduzidas.

Num sólido as entidades moleculares têm posições relativas fixas. Se estas posições apresentarem simetrias de translação de longa distância, os sólidos dizem-se cristalinos, como acontece por exemplo com os cristais de cloreto de sódio. No caso das posições serem aleatórias, não apresentando simetrias de

⁴O valor recomendado pela IUPAC (2014) para a pressão padrão é 10^5 Pa.

longa distância, os sólidos dizem-se amorfos. Um dos exemplos mais comuns é o vidro.

Os sólidos podem ser classificados de acordo com o tipo de interações que mantém as suas entidades moleculares unidas. Atkins e Jones (2010) distinguem quatro tipos de sólidos: os sólidos moleculares, os sólidos reticulares, os sólidos metálicos e os sólidos iónicos. Nos sólidos moleculares as entidades moleculares estão unidas por interações de van del Waals ou ligações de hidrogénio. Nos sólidos reticulares os átomos estão unidos por ligações covalentes, idênticas às que unem os átomos numa molécula. Os sólidos metálicos, designados igualmente por metais, são constituídos por catiões, ligados por electrões de valência que se movimentam livremente por todo o volume do material. Por último, os sólidos iónicos formam habitualmente estruturas cristalinas em que os vizinhos mais próximos de cada catião são os aniões respetivos, organizados de tal modo que a substância se mantém globalmente neutra. A estrutura cristalina de um sólido iónico, depende do tamanho e carga dos iões que o compõem.

No que diz respeito aos líquidos, as entidades moleculares podem deslocar-se ao longo de todo o volume do material, o que explica que apresentem fenómenos de difusão análogos aos dos gases. As entidades moleculares, além de movimentos de vibração e translação, possuem também movimentos de rotação, embora mais limitados do que no estado gasoso. Há forças atrativas que mantêm as entidades moleculares próximas umas das outras, mas não suficientemente fortes para impedir que se movimentem por todo o volume do líquido.

Como foi referido acima, a forma de um líquido depende da sua tensão superficial, da sua adesão às superfícies vizinhas e da força gravítica. A tensão superficial é resultado das forças de coesão, resultantes da atração entre as entidades moleculares à superfície do líquido e as outras entidades do mesmo líquido que se encontram na sua vizinhança, e que as mantêm unidas. A adesão é a interação atrativa existente entre as entidades moleculares do líquido e as que constituem as superfícies vizinhas. É a diferença relativa entre as forças de adesão e as de coesão que explicam, por exemplo, a subida de um líquido num tubo capilar, a forma da superfície livre do líquido num tubo de diâmetro reduzido, ou a separação de substâncias na cromatografia

líquida (Atkins & Jones, 2010).

3.1.3 Transformações físicas e químicas da matéria

As transformações quer sejam físicas, quer químicas, necessitam de energia para ocorrer. Para compreender melhor as transformações que se observam nos materiais, é conveniente compreender o que é a energia e que papel tem nas transformações.

Não existe nenhuma definição universal de energia. Conhecem-se diversas manifestações; sabe-se que é uma grandeza que se conserva em qualquer sistema fechado; e é possível medi-la em situações determinadas (Feynman et al., 2013). Em mecânica clássica, há duas formas básicas de energia: a energia potencial, que depende da posição do corpo num campo eletromagnético ou gravítico, e a energia cinética, que depende do estado de movimento do corpo num dado referencial (Atkins & Jones, 2010). Conhecendo a posição e a velocidade de cada partícula atômica num dado instante seria possível determinar a sua energia. No entanto, nos sistemas materiais considerados em Química, a quantidade de partículas é tão elevada⁵, que é praticamente impossível especificar todas variáveis correspondentes ao seu estado dinâmico. Em vez disto, é mais prático em Química considerar o estado termodinâmico do sistema (Fermi, 1973).

Um sistema químico pode ser considerado como um sistema termodinâmico caracterizado por um conjunto finito de grandezas determinadas macroscopicamente. Estas grandezas quantificam «propriedades médias do sistema» (Fermi, 1973, p. 3), que resultam do estado dinâmico de cada uma das partículas que o compõem. Que propriedades macroscópicas médias são estas?

São particularmente úteis as chamadas *propriedades* ou *variáveis de estado*, que são grandezas que não dependem do processo usado para atingir o estado termodinâmico em que se encontra o sistema, e por isso, o identificam univocamente. São uma espécie de impressão digital que permite identificar sistemas idênticos, e portanto, com a mesma energia. Num sistema químico

⁵Num sistema químico o número de partículas é habitualmente próximo do número de Avogadro, isto é, da ordem de 10^{23} .

as variáveis de estado mais comuns são: a pressão, a temperatura, o volume e a quantidade de cada uma das espécies químicas⁶ presentes no sistema. No caso de um gás ideal, constituído por uma só espécie química, é suficiente conhecer os valores de três variáveis de estado independentes, para que o estado termodinâmico do sistema seja identificado. Além das variáveis de estado existem outras grandezas úteis para caracterizar os materiais ou as suas transformações. Relativamente às variáveis de estado, é útil classificá-las em grandezas intensivas e extensivas. São grandezas extensivas aquelas cujo valor é aditivo para subsistemas e intensivas as que não dependem da extensão do sistema (IUPAC, 2014).

A temperatura e a pressão são *grandezas intensivas*, porque são independentes da extensão da amostra (IUPAC, 2014). Imaginando, por exemplo, um volume de ar, termodinamicamente homogéneo, com 2 dm^{-3} , se for dividido em duas partes, a temperatura e a pressão de cada uma das partes continua igual à do sistema inicial.

De modo diverso, o volume e a quantidade de substância são *grandezas extensivas*. No exemplo anterior, a amostra de 2 dm^{-3} possui volume e quantidade de substância, que são iguais à soma dos valores das duas partes que resultaram da divisão. Outra grandeza extensiva comum é a massa.

Uma grandeza extensiva pode ser convertida numa grandeza intensiva calculando o quociente entre o seu valor e o valor de outra grandeza extensiva do mesmo sistema. Frequentemente, o quociente referido é feito entre a grandeza extensiva e o volume da amostra ou a quantidade de substância.

Para se conseguir determinar o estado termodinâmico de um sistema, é necessário que todas as variáveis intensivas tenham o mesmo valor em todos os pontos do sistema. Os sistemas nestas condições designam-se *sistemas homogéneos*. Para «definir o estado de um sistema não-homogéneo é necessário que se possa dividir em partes homogéneas» (Fermi, 1973, p. 4).

Depois de ter visto como caracterizar o estado termodinâmico de um sistema, tentar-se-á perceber como é que se pode mudar esse estado. A

⁶Conjunto de entidades moleculares quimicamente idênticas, que podem usar a mesma estrutura de níveis de energia moleculares, na escala de tempo da experiência. Excetuando nos casos em que o contexto o requeira, o termo espécie química refere-se a um conjunto de entidades moleculares contendo proporções isotópicas correspondentes à abundância natural dos elementos respetivos (IUPAC, 2014).

resposta imediata a esta questão é: alterando as suas propriedades de estado. E como se podem alterar as propriedades de estado referidas?

A quantidade de substância altera-se, quando se acrescenta ou se retira uma porção de substância ao sistema. A quantidade de substância só pode ser alterada em *sistemas abertos*. Estes definem-se como sistemas que podem trocar com o ambiente qualquer tipo de energia, incluindo entidades moleculares. Um sistema diz-se *fechado* se pode trocar energia com a vizinhança, mas não entidades moleculares. Que tipo de energia pode trocar, então, um sistema fechado com a vizinhança? Genericamente pode fazê-lo de três formas diferentes: trabalho, transferência de calor ou transferência de radiação.

É realizado trabalho sobre um sistema, quando, por exemplo, um gás é comprimido por ação de uma força exterior. Relativamente à transferência de radiação, esta pode resultar da emissão ou absorção de radiação pelo sistema. Considera-se que há emissão de radiação, quando a radiação originada no sistema sai para o exterior. No que diz respeito à entrada de radiação no sistema, é de notar que existem formas de radiação, que interagem tão pouco com a matéria, que o podem atravessar sem transferir nenhuma energia. Neste caso não haverá transferência de energia para o sistema. A terceira forma de transferir energia entre sistemas dá-se por meio do calor. Mas o que é o calor?

O calor é uma medida da energia transferida espontaneamente entre sistemas a diferentes temperaturas (IUPAC, 2014). E de que modo é transferido o calor? O calor pode ser transferido entre sistemas, por radiação⁷, por condução ou por convecção. Os sistemas isolados não trocam nenhum tipo de calor. Os sistemas abertos podem trocar calor em qualquer uma das suas formas. É conveniente notar, contudo, que a convecção não transfere apenas calor mas também quantidade de matéria e trabalho, pelo que é uma situação mais difícil de analisar. Os sistemas fechados não podem trocar calor por convecção, mas podem trocar calor por radiação ou condução. A análise da forma como o calor entre sistemas é transferido, pode envolver grande

⁷Há portanto formas de radiação que dependem apenas da temperatura do corpo, que não devem ser confundidas com formas de radiação que dependem também de outros fatores.

complexidade. Aquilo que se designa por aquecimento de uma substância, é o seu aumento de temperatura, conseguido não só por transferência de calor, mas também através de trabalho ou de outras formas de radiação diferentes da que está associada à temperatura do corpo.

Sublinha-se que o calor, recebido ou fornecido por um sistema, não é uma variável de estado, porque não é capaz de caracterizar o estado do sistema num dado instante. Para medir o calor recebido por um sistema, é preciso considerar um período de tempo finito e não nulo. Além disto, a alteração de energia de um sistema, implica uma alteração no seu estado de equilíbrio. Diz-se que um sistema está em equilíbrio, quando as suas variáveis de estado se mantêm constantes ao longo do tempo. O facto de um sistema estar em equilíbrio químico não significa que não haja transformações no seu interior. Basta lembrar que um estado termodinâmico corresponde a um conjunto muito elevado de estados dinâmicos do sistema. São, no entanto, estados dinâmicos que não alteram as propriedades macroscópicas médias do sistema. Dado que as entidades moleculares estão sempre em movimento em qualquer sistema químico, mesmo em situações de equilíbrio, há transformações químicas e físicas a ocorrerem. Como referem Housecroft e Constable (2006), «qualquer equilíbrio químico é um equilíbrio dinâmico» (p. 385).

Para medir o valor de uma grandeza é necessário, que durante o tempo da medição o sistema esteja em equilíbrio. Um dos princípios básicos da termodinâmica, a chamada lei zero, faz uso do equilíbrio, para determinar a temperatura de um sistema químico. A lei referida diz que dados três sistemas A, B e C «se A está em equilíbrio térmico com B e B em equilíbrio térmico com C, então A está também em equilíbrio térmico com C» (Atkins, 1990, p. 6). No caso da medição da temperatura com um termómetro de álcool, A pode ser o sistema onde se pretende medir a temperatura, B o vidro do termómetro onde está contido o álcool, e C o próprio álcool. O termómetro pode ser usado para medir a temperatura do sistema A, porque após se atingir o equilíbrio térmico o álcool estará à mesma temperatura que o sistema.

Mesmo conhecendo todas as variáveis de estado independentes de um sistema, não é possível determinar o valor absoluto da sua energia, mas apenas

variações em relação a um padrão ou um referencial. Dependendo das variáveis de estado que são mantidas constantes numa transformação, medir-se-ão diferentes «tipos» de energia do sistema. Quando a temperatura e a pressão são variáveis independentes, mantendo constante o volume, a variação de energia medida, corresponde à *energia interna* do sistema, U .

Em química, é muito útil uma outra medida da energia, designada por entalpia. A *entalpia*, H , é uma medida da energia de um sistema, quando a sua pressão se mantém constante. Tanto a energia interna, como a entalpia, são variáveis de estado extensivas. A relação entre as duas é dada pela expressão (Atkins, 1990):

$$H = U + pV$$

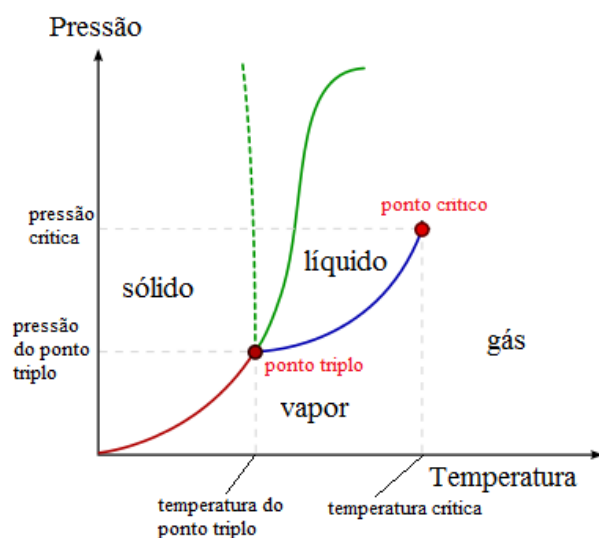
onde p é a pressão e V o volume do sistema. Num sistema onde a pressão é constante, se o sistema só receber ou ceder energia na forma de calor, a variação da sua entalpia é igual ao calor recebido ou cedido. Se ΔH for positivo⁸ a reação é endotérmica e negativo⁹ se for exotérmica. No caso das transformações de estado físico, têm especial interesse as entalpias de fusão e vaporização.

A temperatura a que uma substância muda de estado físico depende da pressão. Essa dependência é mais acentuada, quando a transição de fase envolve um gás, do que quando ocorre entre um sólido e um líquido. Um diagrama de fases¹⁰ é uma representação gráfica dos valores de pressão e temperatura que correspondem às diferentes fases da substância (Atkins & Jones, 2010). Na figura 3.3 mostra-se um diagrama de fases simplificado de uma substância. A linha verde tracejada com um dos extremos no ponto triplo, corresponde à transição de fase líquido-sólido típica da água e foi acrescentada para comparação com a transição de fase líquido-sólido típica da maioria das substâncias, representada pela linha contínua. Como se observa na figura, o ponto de fusão da maioria das substâncias aumenta, quando a pressão aumenta acima da pressão correspondente ao ponto triplo. No caso

⁸O sistema recebe calor da vizinhança.

⁹O sistema cede calor à vizinhança.

¹⁰Designa-se diagrama de fases e não diagrama de estados, porque habitualmente inclui diferentes fases da substância e não apenas os três estados físicos referidos.



(Adaptado de <http://soft-matter.seas.harvard.edu>)

Figura 3.3: Diagrama de fases simplificado de uma substância. A linha verde tracejada, com um dos extremos no ponto triplo, corresponde à transição de fase líquido-sólido típica da água.

da água, o ponto de fusão diminui ligeiramente com o aumento da pressão¹¹.

Num diagrama de fases correspondente aos estados sólido, líquido e gasoso, há dois pontos notáveis: o ponto triplo, que corresponde à temperatura e pressão em que coexistem estavelmente os três estados físicos; e o ponto crítico, que corresponde aos valores de temperatura e pressão acima dos quais não há transição de fase entre o estado líquido e o estado gasoso.

Se a temperatura da substância for inferior à temperatura crítica e superior à temperatura do ponto triplo, é possível fazê-la passar do estado gasoso ao estado líquido, aumentando a pressão. Housecroft e Constable (2006) denominam *vapor* ao estado em que se encontra uma substância nestas condições, e usam a denominação de *gás* apenas para situações em que a temperatura da substância é superior à temperatura crítica, onde a compressão não conduz a nenhuma mudança de estado físico. Atkins e Jones (2010) fazem uma distinção diferente entre gás e vapor. Estes autores definem vapor como «a forma gasosa de uma substância, que é sólida ou líquida» (p. F5) nas

¹¹Para valores de pressão entre 612 Pa e 210 MPa ().

condições STP. A maioria dos autores consultados, não distingue estes dois conceitos. Neste trabalho usar-se-á quer vapor quer gás, indistintamente, para denominar o estado gasoso.

3.1.4 Propriedades físicas das substâncias

Viu-se que a pressão, a temperatura, o volume e a quantidade de cada uma das espécies químicas presentes num sistema, são propriedades características desse sistema, permitindo determinar o seu estado termodinâmico. Não permitem, no entanto, identificar as espécies químicas que o compõem. Mais genericamente, nenhuma propriedade extensiva, por si só, como sejam a quantidade de substância ou a massa, permitem identificar as espécies químicas. A pressão e a temperatura também não permitem distinguir espécies químicas, contudo, o conhecimento dos seus valores é essencial para as poder identificar.

Dado que a temperatura e a pressão de conforto, nos locais habitados, varia dentro de um intervalo reduzido, comparando as propriedades de diferentes substâncias à pressão e temperatura ambiente, os resultados serão habitualmente semelhantes. Para permitir a comparação de valores, a maioria das grandezas que permitem distinguir as substâncias são medidas em condições de pressão e temperatura padrão, STP (Standard Temperature and Pressure). A temperatura e a pressão padrão são respetivamente: 273,15 K ou 0°C, e 100 kPa (IUPAC, 2014). Algumas grandezas são muitas vezes apresentadas em condições padrão de pressão e temperatura ambiente, SATP. Neste caso a pressão tem o mesmo valor que nas condições STP, mas a temperatura ambiente padrão é definida a 298,15 K ou seja 25°C (Atkins, 1990).

O volume é uma grandeza facilmente observável, sem auxílio de nenhum instrumento de medida. Tendo diferentes materiais à temperatura e pressão ambientes e com volumes semelhantes, as propriedades mais facilmente identificáveis são as propriedades organoléticas: a cor, o cheiro, o sabor ou a sensibilidade ao tato. Estas apenas dão uma informação qualitativa, e não podem ser usadas com todo o tipo de substâncias, pelo que, com exceção da cor e – nalgumas situações muito particulares – do cheiro, as propriedades organoléticas não são habitualmente usadas em laboratório.

Num laboratório, é necessário recorrer a propriedades que permitam maior exatidão, fiabilidade, repetibilidade e possam ser usadas em todas, ou na maioria das circunstâncias. As propriedades usadas para distinguir as substâncias podem ser físicas ou químicas. As *propriedades físicas* são as que podem ser observadas e medidas sem alterar a identidade da substância. As propriedades termodinâmicas de estado, referidas antes, são grandezas físicas, mas não propriedades, no sentido de permitirem a identificação de substâncias. Os pontos de fusão e ebulição, à pressão padrão (ou a outra pressão definida), são propriedades físicas que permitem distinguir um grande número de substâncias. Nalgumas situações, para conseguir identificar uma substância, é preferível recorrer a alguma das suas *propriedades químicas*. Estas são propriedades referentes à capacidade que tem a substância de ser transformada noutras, em determinadas condições ou na presença de outras substâncias (Atkins & Jones, 2010). Tinha-se referido atrás que a temperatura não era uma propriedade das substâncias. No entanto, os pontos de fusão e ebulição são temperaturas. Porque é que os pontos de fusão e ebulição permitem identificar as substâncias, se são temperaturas? Permitem identificar as substâncias, porque são temperaturas associadas a uma transição de fase e esta depende da natureza e da intensidade das ligações entre as entidades moleculares que as compõem. A temperatura de uma substância não depende do tipo de entidade molecular que a constitui, mas apenas do seu estado de movimento. Algumas substâncias não existem acima de uma dada temperatura, porque a energia cinética correspondente a esses valores, levam à quebra das ligações que constituem a própria entidade molecular, decompondo-a noutras entidades moleculares.

Além dos pontos de fusão e ebulição, são também propriedades físicas das substâncias: os pontos triplos e o ponto crítico, a massa volúmica, a capacidade calorífica, as condutividades elétricas e térmica, etc. Há outras propriedades físicas que são específicas de alguns estados físicos, como é o caso da viscosidade e da tensão superficial, no estado líquido. Há também propriedades físicas que são específicas de misturas, como é o caso da solubilidade. Note-se que a concentração não é uma propriedade física de uma substância. Numa solução, a uma dada temperatura e pressão, a concentração pode variar entre zero e o valor da solubilidade do soluto, para um

solvente a essa temperatura e pressão. A concentração é uma propriedade da solução, da qual se conhecem o soluto e o solvente, mas não uma propriedade das substâncias que a constituem. A solubilidade molar é uma propriedade das substâncias em relação a um dado solvente. Pode definir-se como o valor da concentração molar da substância numa solução saturada. Uma *solução saturada* é uma solução em que as entidades moleculares dissolvidas e não dissolvidas do soluto estão em equilíbrio, para valores de temperatura e pressão determinados (IUPAC, 2014).

Analisa-se agora com um pouco mais de pormenor o que se refere ao ponto de fusão, ao ponto de ebulição e à massa volúmica.

Ponto de fusão

Só existem pontos de fusão para pressões superiores à pressão do ponto triplo correspondente às fases sólida, líquida e gasosa (ver figura 3.3). Para valores inferiores à pressão do ponto triplo, a substância sublima, quando a sua temperatura aumenta partindo do estado sólido. É o que acontece por exemplo com o hexafluoreto de urânio, à pressão atmosférica normal, uma vez que tem um ponto triplo à temperatura de 337,17 K e à pressão de 151,7 kPa. Algo semelhante acontece com o dióxido de carbono, que tem o ponto triplo à pressão de 518 kPa e à temperatura de 217 K. Logo, à pressão padrão, o CO₂ nunca está no estado líquido. Quando se diminui a temperatura do CO₂, à pressão padrão, este deposita no estado sólido a temperaturas inferiores a 194,7 K (Kaye & Laby Online, 2005b). Para conseguir ter CO₂ no estado líquido, a sua pressão tem de ser superior a 518 kPa, ou seja, aproximadamente 5 atm.

O ponto de fusão é fácil de medir para muitas substâncias. Se a substância tiver um grau de pureza elevado, a sua fusão será observada, a uma pressão constante, num intervalo de temperaturas que pode variar entre 0,5 °C a 1,5 °C. No entanto, a presença de impurezas na substância, faz habitualmente reduzir o extremo inferior do intervalo de temperaturas em que se observa a fusão e faz sempre aumentar significativamente este intervalo.

O ponto de solidificação é normalmente igual ao ponto de fusão da substância. Contudo, este é mais difícil de medir porque muitas vezes o líquido

atinge temperaturas abaixo do ponto de fusão, antes de solidificar (Mohrig, Hammond & Schatz, 2010). Isto acontece porque as entidades moleculares necessitam de se ajustar nas posições em que vão ficar no sólido, podendo acontecer que a sua energia cinética se reduza, abaixo do valor máximo que pode ter na estrutura sólida, antes de solidificar.

Ponto de ebulição

Só existem pontos de fusão para valores de pressão entre a pressão do ponto triplo e a pressão crítica. Acima da pressão crítica o aumento da temperatura implica um aumento do volume sem haver transição de fase. Para entender o que é a ebulição e o ponto de ebulição, é necessário entender o que é a pressão de vapor de uma substância. Atkins e Jones (2010) definem pressão de vapor de uma substância como «a pressão exercida pelo seu vapor quando este está em equilíbrio com a fase condensada» (p. 334). A fase condensada pode ser líquida ou sólida. A maioria das substâncias sólidas, à temperatura ambiente, têm pressões de vapor muito reduzidas. O iodo é uma exceção, apresentando uma pressão de vapor superior a 10 kPa, à temperatura de 20 °C (Kaye & Laby Online, 2005b). O facto do iodo sublimar, não é uma característica exclusiva desta substância, mas um fenómeno genérico de todas as substâncias. Ao contrário do CO₂, o iodo passa ao estado líquido, à pressão padrão, a temperaturas entre 113 °C e 184 °C. O que é peculiar no iodo é a elevada pressão de vapor à temperatura ambiente e a cor característica do gás, que facilita a sua deteção na fase gasosa. A água também sublima a temperaturas inferiores às do seu ponto de fusão, mas neste caso a pressão de vapor, a -10 °C, é inferior a 0,26 kPa (Kaye & Laby Online, 2005a). Além da pressão de vapor ser reduzida, o vapor de água não é detetável pela cor, quando presente na atmosfera.

O que é afinal o ponto de ebulição? É a temperatura à qual a pressão de vapor da substância no estado líquido é igual à pressão a que está submetido o líquido (Solomons & Fryhle, 2011). Por isso se compreende que, ao atingir o ponto de ebulição, um líquido passe ao estado de vapor de uma forma rápida e turbulenta. O líquido não passa todo de uma vez ao estado gasoso, porque para aumentar a temperatura a substância tem de receber energia,

habitualmente na forma de calor, que é transmitido à superfície do líquido. É nessa superfície que o ponto de ebulição é atingido mais rapidamente e, por isso, as bolhas se formam nas paredes do recipiente onde se encontra o líquido. Durante a ebulição continua a existir evaporação na superfície do líquido em contacto com o ar, mas é mais lenta, porque o ar tem uma capacidade calorífica muito reduzida, transmitindo pouco calor ao líquido, ainda que a sua temperatura seja elevada.

O ponto de ebulição é igual ao ponto de condensação. É frequente, no entanto, darem-se situações em que um gás fica sobressaturado antes de começar a condensar. Tal como no caso da solidificação, ao reduzir a temperatura de um gás, a energia cinética das entidades moleculares que compõem o gás diminui. Dado que a interação entre as partículas do gás é muito reduzida, a sua energia cinética poderá diminuir abaixo do valor máximo que teriam na fase condensada, sem que se observe condensação (ou deposição), pois para condensar as partículas têm de chocar umas com as outras. Se o gás for muito rarefeito, os choques serão poucos frequentes, pelo que a formação de agregados de partículas detetáveis macroscopicamente pode levar muito tempo.

Massa volúmica

A massa volúmica de uma substância depende significativamente de estar num estado condensado ou no estado gasoso. Esta grandeza é muitas vezes designada também por densidade. O IPQ¹², contudo, recomenda que o termo densidade seja usado apenas para designar a massa volúmica relativa, isto é, o quociente entre a massa volúmica da substância e a massa volúmica de um material de referência. No caso dos líquidos e dos sólidos, o material de referência é habitualmente a água à pressão padrão e a 4 °C¹³. No caso dos gases, o material de referência é outro gás, como, por exemplo, o ar padrão.

Para determinar a massa volúmica, usa-se habitualmente o quociente entre a massa e o volume de uma porção da substância. A precisão dos valores

¹²O IPQ, Instituto Português da Qualidade, é o Organismo Nacional de Normalização e a Instituição Nacional de Metrologia.

¹³É a esta temperatura que a massa volúmica da água é máxima, à pressão padrão. O seu valor nesta situação é $1,000 \text{ g dm}^{-3}$ (Kaye & Laby Online, 2008).

obtidos dependerão da precisão com que se conseguir medir quer a massa quer o volume. A densidade de uma substância medida em relação à água, permite saber que a substância flutua na água, se tiver densidade inferior a 1 e afunda-se se a sua densidade for superior a 1. Analogamente, quando se juntam vários líquidos imiscíveis, estes dispõem-se em camadas, de tal modo que o de maior densidade fica em baixo e o de menor densidade em cima. Na atmosfera, um gás de densidade superior ao ar tenderá a acumular-se junto ao solo, enquanto um gás de densidade inferior, tenderá a dispersar-se rapidamente e a elevar-se em relação ao solo.

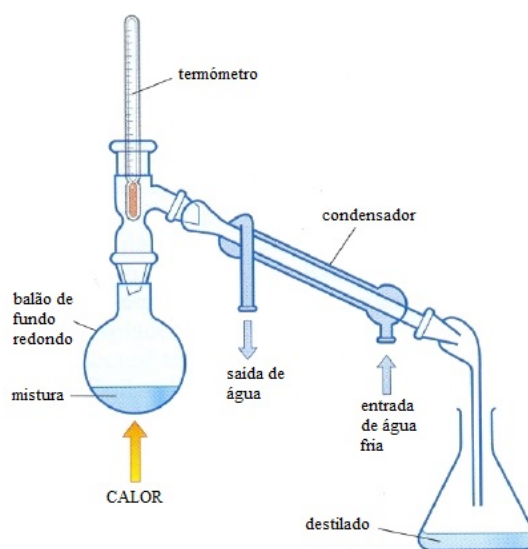
A massa volúmica de uma substância numa fase condensada, depende do volume médio que ocupam as entidades moleculares que a constituem. É possível estimar o volume médio das entidades moleculares numa fase condensada, dividindo o volume da substância pelo número de entidades moleculares que a compõem. No caso de um gás constituído por uma só substância, a sua massa volúmica, nas condições STP, pode ser aproximada dividindo a massa molar da substância, pelo volume molar de um gás ideal, nas condições STP, isto é, cerca de $22,7 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

Recordando que em qualquer material todos os átomos estão em contínuo movimento e que, quando a sua temperatura aumenta, a energia cinética dos átomos aumenta, conclui-se que a amplitude dos movimentos tenderá a ser maior com o aumento de temperatura. Isto explica, por exemplo, que a maioria dos materiais aumentem o seu volume, quando a sua temperatura aumenta sem que ocorram transformações químicas. Assim, quando se pretendem fazer medições precisas da massa volúmica é importante controlar, quer a pressão quer a temperatura da substância, pois destas grandezas dependerá o valor exato da massa volúmica.

3.1.5 Processos físicos de separação de materiais

As diferentes propriedades físicas das substâncias podem ser usadas para as separar ou purificar. Os pontos de fusão e ebulição, a solubilidade, a massa volúmica ou as propriedades magnéticas são exemplos de propriedades usadas em processos físicos de separação de materiais.

Um processo comum, usado para separar substâncias numa solução, é a



(Adaptado de <http://www.ssc.education.ed.ac.uk>)

Figura 3.4: Montagem usada numa destilação simples.

destilação, que se baseia nos diferentes pontos de ebulição. Numa destilação simples, a mistura é aquecida, numa montagem semelhante à da figura 3.4. Se houver apenas duas substâncias na mistura, a mais volátil, atinge pressões de vapor maiores e também a ebulição, a temperaturas mais baixas. Se a diferença entre os pontos de ebulição das duas substâncias for elevada (por exemplo, mais de 80 °C), quando a que tem o ponto de ebulição mais baixo entrar em ebulição, a pressão de vapor da segunda será habitualmente muito reduzida, pelo que se conseguirá que o condensado recolhido tenha uma quantidade ínfima da substância com ponto de ebulição mais elevado. Para fazer a destilação de substâncias com pontos de ebulição mais próximos recorre-se outro tipo de processos, como por exemplo a destilação fracionada (S. S. Zumdahl & S. A. Zumdahl, 2007).

Nalguns casos o que se pretende obter é uma substância presente numa solução, mas que tem um ponto de ebulição muito elevado em relação ao solvente. Neste caso, basta evaporar o solvente para se obter o soluto, que por ter um ponto de ebulição muito elevado, não evapora significativamente.

A decantação é outro processo de separação bastante comum. Neste caso, as propriedades relevantes são a solubilidade e a massa volúmica. Se dois

líquidos forem imiscíveis ou um sólido for insolúvel num líquido, e tiverem massas volúmicas diferentes, não se irão misturar, ficando o mais denso em baixo e o menos denso em cima. A separação de dois líquidos imiscíveis faz-se usando uma ampola de decantação (Mohrig et al., 2010).

Nalgumas misturas sólido líquido, as partículas sólidas são tão pequenas que se conseguem manter em suspensão no líquido. Neste caso para se fazer a separação pode recorrer-se à filtração. Faz-se passar a solução por uma membrana com poros de dimensão inferior à das partículas suspensas no líquido, de tal modo que as partículas sólidas fiquem retidas na membrana (ou filtro) e apenas passe o líquido (S. S. Zumdahl & S. A. Zumdahl, 2007).

3.2 Fundamentação didática

Nesta secção apresenta-se uma descrição dos objetivos correspondentes à unidade didática e justificam-se as estratégias seguidas. Numa primeira subsecção os objetivos são apresentados no contexto das orientações curriculares e das metas para as Ciências Físico-Químicas, correspondentes ao 3.º ciclo do ensino básico. Em seguida, faz-se uma apresentação da proposta didática, tendo em conta o problema de investigação em estudo, os objetivos visados, a articulação com os conhecimentos prévios dos alunos e algumas dificuldades de aprendizagem que se podem encontrar no desenvolvimento da unidade curricular. Na terceira subsecção são descritas as tarefas desenvolvidas e, na última, o modo como foi realizada a avaliação das aprendizagens.

3.2.1 Os «Materiais» no contexto curricular

A gestão curricular adaptada aos ritmos dos alunos e às especificidades do projeto educativo é estimulada nos documentos oficiais (Ministério da Educação e Ciência, 2013) e tem sido apontada como característica do sucesso dos sistemas educativos (OECD, 2015; Ogborn, 2002; Schleicher, 2015a). Neste sentido, a planificação das intervenções, faz uso do currículo, de forma adaptada à escola e à turma em que foram desenvolvidas. Nesta subsecção, faz-se uma apresentação e justificação das opções tomadas.

No currículo das Ciências Físico-Químicas do 3.º ciclo do Ensino Básico,

no 7.º ano, o domínio dos «Materiais» está inserido no tema organizador «Terra em transformação» e dividido em cinco subdomínios: «Constituição do mundo material», «Substâncias e misturas», «Propriedades físicas e químicas dos materiais», «Separação das substâncias de uma mistura» e «Transformações físicas e químicas» (Galvão et al., 2001). A temática dos materiais volta a estar presente no 8.º e 9.º anos. No 8.º ano, surge no tema organizador «Sustentabilidade na Terra» e centra-se nas reações químicas. No 9.º ano surge no tema organizador «Viver melhor na Terra», e centra-se na classificação dos materiais. Só no 9.º ano está previsto abordar o modelo corpuscular e a ligação química.

Sendo um modelo tão central à explicação dos fenómenos químicos «é importante que os alunos adquiram um conhecimento fundamentado dos conceitos associados à teoria corpuscular desde os primeiros passos do estudo das ciências» (Tsapalis & Sevan, 2013b, p. 498). Na escola onde foi realizado este trabalho, os professores optaram por fazer isto mesmo, abordando alguns conceitos básicos do modelo corpuscular, quando se inicia o estudo dos materiais. Isto permite que, no desenvolvimento da unidade, se possa fazer referência a este modelo para explicar muitos dos conteúdos curriculares. O estudo da Química pode então ser desenvolvido em espiral ascendente, em que os conceitos básicos são abordados em anos sucessivos com profundidade crescente, tendo por eixo o modelo corpuscular.

Antes das intervenções que são objeto deste trabalho, os alunos tiveram oportunidade de explorar «a enorme variedade de materiais com diferentes propriedades e usos, assim como o papel da química na identificação e transformação desses materiais» (Fiolhais et al., 2013, p. 7). Foi introduzida a classificação dos materiais em misturas e substâncias, e abordada a classificação das misturas em homogéneas, heterogéneas ou coloidais. Imediatamente antes das intervenções, discutiram-se as diferenças entre os conceitos de transformação física e transformação química, quer macroscopicamente quer no contexto do modelo corpuscular.

No que diz respeito à intervenção, optou-se por abordar apenas os temas que não envolvessem transformações químicas. Pretendia-se que os alunos fossem capazes de: compreender as transformações a que uma substância pode ser sujeita sem alterar a sua identidade; identificar algumas das propri-

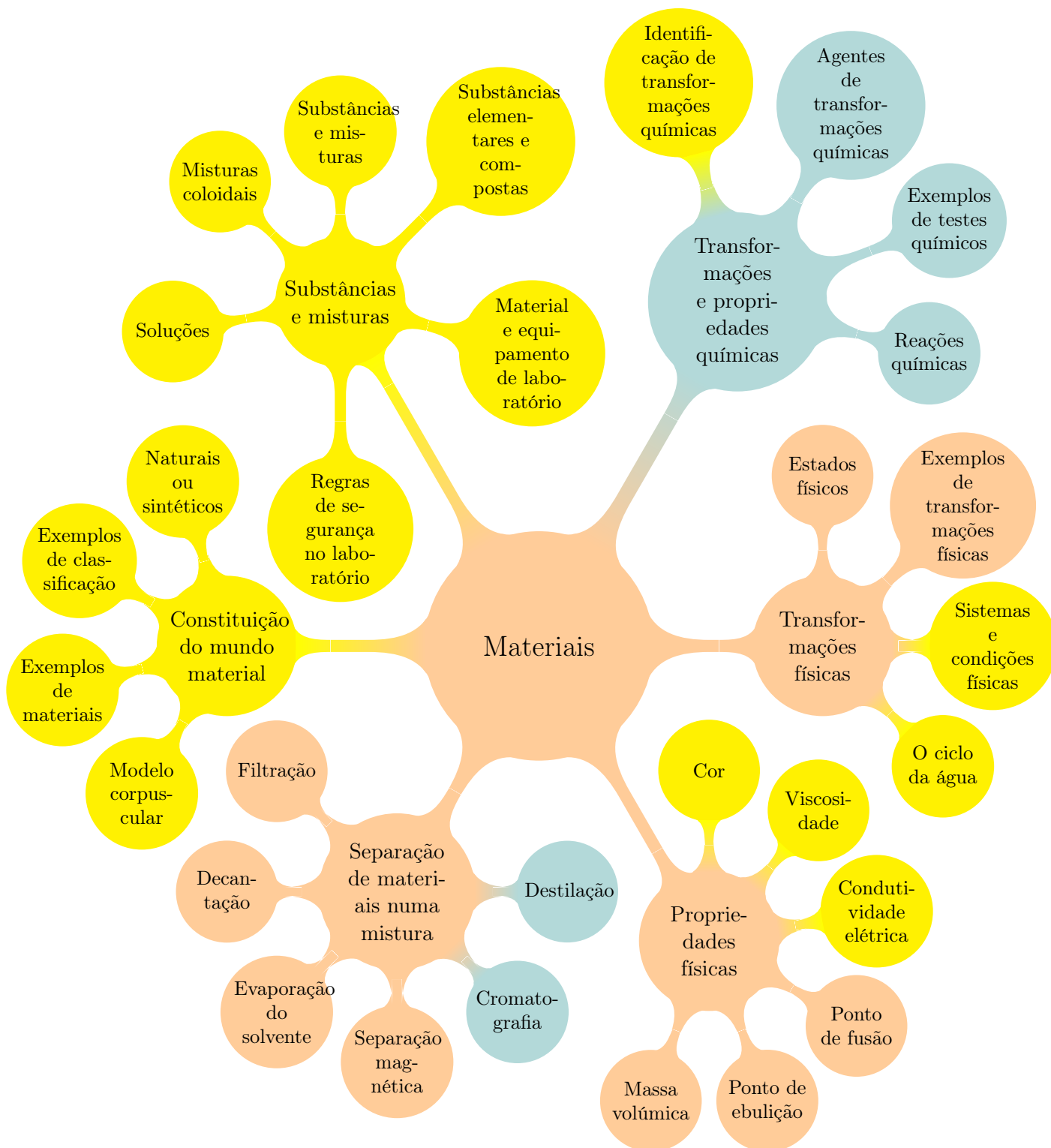


Figura 3.5: Esquema organizador dos temas abordados nas tarefas e sua inserção na unidade curricular, no domínio dos «Materiais». A laranja apresentam-se os temas abordados nas tarefas, a amarelo os que foram abordados previamente e a azul os que foram abordados posteriormente.

idades físicas que permitem distinguir diferentes materiais, e compreender as condições em que podem ser determinadas. Abordaram-se com maior detalhe algumas características dos diferentes estados físicos da matéria, e o modo como os pontos de fusão e ebulição, e a massa volúmica podem ser usados para obter informações sobre a constituição dos materiais. Com base no conhecimento das propriedades e transformações físicas, foram explorados alguns processos que permitem efetuar a separação de materiais de uma mistura, sem alterar a sua identidade. Na figura 3.5 mostra-se um esquema organizador dos principais conteúdos desenvolvidos. Neste esquema, os conceitos abordados previamente, estão identificados com a cor amarela, a laranja aparecem os que foram abordados com maior detalhe durante as intervenções e a azul os que foram desenvolvidos posteriormente.

As questões abordadas nas tarefas pressupõem, entre outras: alguns conhecimentos sobre a natureza corpuscular da matéria; os conceitos de substância e mistura; substância elementar e composta; mistura homogênea e heterogênea; mistura coloidal; temperatura, massa e volume de uma substância; pressão; unidades de medida e erros instrumentais; material e regras de segurança no laboratório; etc. As tarefas foram construídas procurando desenvolver competências não só no domínio do conhecimento, mas também as associadas ao raciocínio, à comunicação ou às atitudes (Galvão et al., 2001). Na abordagem dos diferentes temas procurou-se tornar patente a interação entre a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, criando contextos próximos do dia a dia dos alunos e que facilitassem a compreensão das «potencialidades e limites da Ciência e das suas aplicações tecnológicas na Sociedade» (Galvão et al., 2001, p. 9) e no Ambiente.

A proposta didática foi organizada tendo por base uma sequência de cinco tarefas, sendo cada uma desenvolvida em dois ou mais períodos de 55 minutos. Todas as tarefas foram desenvolvidas simultaneamente com todos os alunos da turma. No quadro 3.5 resumem-se os principais objetivos de aprendizagem de cada tarefa, no que diz respeito aos conteúdos da unidade curricular e à argumentação, objeto específico deste trabalho.

As aulas foram planificadas de forma a contemplar os diferentes momentos propostos por Ponte, Quaresma e Pereira (2015): introdução, trabalho autónomo dos alunos, discussão em turma e síntese final. Na introdução,

Quadro 3.5: Principais objetivos de aprendizagem

Tarefa 1	<ul style="list-style-type: none">– Reconhecer propriedades que permitam distinguir e identificar diferentes materiais.– Usar evidências para apoiar afirmações sobre as propriedades dos materiais.
Tarefa 2	<ul style="list-style-type: none">– Identificar diferentes características dos estados físicos da água.– Construir argumentos para justificar o comportamento da água em diferentes estados e sistemas físicos.
Tarefa 3	<ul style="list-style-type: none">– Compreender que o ponto de ebulição de uma substância depende da pressão.– Reconhecer que durante uma mudança de estado físico de uma substância, a temperatura permanece aproximadamente constante, coexistindo dois estados físicos.– Construir argumentos para responder a questões envolvendo os pontos de fusão e ebulição da água, partindo de dados em forma de tabelas ou gráficos.
Tarefa 4	<ul style="list-style-type: none">– Empregar técnicas básicas para determinar a massa volúmica de sólidos e usar os valores obtidos para distinguir diferentes materiais.– Formular argumentos para apoiar conclusões sobre a constituição de materiais, usando tabelas com valores de massa volúmica e medições efetuadas.
Tarefa 5	<ul style="list-style-type: none">– Selecionar os processos físicos mais adequados para separar os componentes de uma mistura, tendo em conta as propriedades desses componentes.– Executar a separação dos componentes de uma mistura usando técnicas laboratoriais básicas, na sequência adequada.– Propor alterações ao processo de separação executado, apresentando argumentos, que justifiquem a reformulação, com base nos resultados obtidos.

referiam-se os principais objetivos da tarefa e a forma como esta seria desenvolvida. A resolução das tarefas foi sempre realizada em pares ou em grupos de quatro alunos, seguida de uma discussão coletiva. Algumas tarefas envolveram dois ou mais momentos de discussão coletiva, após o trabalho autónomo dos alunos. No final de cada tarefa, fez-se uma síntese das principais conclusões e argumentos apresentados. Após esta síntese, foi sempre solicitada aos alunos uma reflexão individual, explicitando: as aprendizagens realizadas na tarefa; as dificuldades sentidas e a forma de as ultrapassar; assim como alguns aspetos relacionados com o trabalho executado em grupo ou em pares.

Dada a necessidade de distribuir o desenvolvimento das tarefas por períodos 55 minutos separados no tempo, algumas aulas incluíram sínteses ou introduções intermédias para sistematizar os principais aspetos discutidos num dado período de 55 minutos, e que eram recordados no início da aula seguinte. Nas introduções intermédias também se lembram os objetivos da tarefa, as principais conclusões do trabalho já realizado e a forma como se desenvolve a parte restante.

3.2.2 A argumentação no contexto da unidade didática

Tendo em conta o problema em estudo, foram construídas tarefas que além de permitir a introdução dos conteúdos e algumas das competências previstos no programa, promovessem também competências específicas associadas à argumentação. Procurou-se proporcionar aos alunos oportunidades diversas de explorar autonomamente os conceitos e manipular materiais, de modo a permitir a observação direta dos fenómenos abordados.

Como foi referido no capítulo 2, o uso da argumentação em sala de aula permite expor, de forma natural, as conceções alternativas dos alunos (Osborne et al., 2001; Shakespeare, 2003), facilitando, assim, ao professor o desenvolvimento de estratégias mais eficazes para promover as aprendizagens (Merritt & Krajcik, 2013). Em lugar de esperar o seu aparecimento no decurso do trabalho em aula, as conceções alternativas podem também servir de ponto de partida para iniciar uma tarefa de argumentação (Henderson et al., 2015; Shakespeare, 2003). No âmbito dos materiais, encontram-se vá-

Quadro 3.6: Algumas concepções alternativas dos alunos, no domínio dos «Materiais».

-
- Considerar substância química como designando apenas as substâncias produzidas em laboratório.
 - Considerar substância como sinónimo de material homogêneo, por exemplo: leite ou bronze.
 - Identificar as propriedades físicas das substâncias, com as dos corpúsculos que as constituem.
 - Atribuir as mudanças de fase de uma substância à alteração das propriedades dos corpúsculos que as constituem.
 - Considerar que quando um líquido é aquecido num sistema fechado, a massa do líquido aumenta à medida que o líquido se expande.
 - Identificar o gás formado durante a ebulição da água com o oxigénio.
 - Não distinguir o fenómeno de dissolução de um sólido num líquido, da fusão do mesmo sólido.
 - Considerar que existe perda de massa quando um material passa do estado sólido ao líquido, ou do líquido ao gasoso.
 - Considerar que, se duas substâncias têm uma propriedade idêntica, então são a mesma substância.
 - Considerar que o volume, a massa ou a temperatura são propriedades das substâncias.
 - Considerar que o ponto de fusão de uma substância depende da quantidade de substância.
-

rias compilações de concepções alternativas dos alunos (American Association for the Advancement of Science, 2016; Driver et al., 1994). No quadro 3.6 são mencionadas algumas das mais frequentes. Esta informação foi usada na construção e no desenvolvimento de algumas das tarefas.

Os momentos de discussão em pequeno grupo ou em turma, foram alturas privilegiadas para incentivar a prática da argumentação. Foi sempre pedido aos alunos para: tentarem convencer os colegas por que é que as suas

ideias eram adequadas, apresentarem evidências para justificar as conclusões formuladas e tentarem compreender as ideias diferentes das próprias. Algumas vezes também foi pedido para formularem contra-argumentos às suas próprias conclusões, escolherem a explicação mais adequada entre várias possíveis ou criticarem afirmações, apoiando-se sempre em dados fornecidos pelo professor ou conhecidos previamente, e adequadamente referenciados.

No desenvolvimento das tarefas procurou-se ter em conta a forma como os alunos podem reagir perante evidências que contradizem as suas conceções. Chinn e Brewer (1998) indicam oito formas diferentes de o fazerem: ignorando, rejeitando, excluindo, procrastinando, reinterpretando, duvidando, fazendo alterações periféricas às suas conceções ou substituindo as suas conceções pelas conceções científicas. No que diz respeito aos aspetos mais centrais dos modelos e teorias científicas, seria desejável que no final do 3.º ciclo do ensino básico os alunos tivessem incorporado as conceções científicas, à sua forma de olhar o mundo à sua volta. Aqueles mesmos autores afirmam que

o frequente fracasso no uso de dados anómalos para promover a mudança conceptual em sala de aula mostra que os alunos de ciências são como os cientistas num aspeto particular: tanto os cientistas como os estudantes ficam satisfeitos quando conseguem explicar as evidências encontradas, mantendo intactas as suas conceções preferidas (Chinn & Brewer, 1998, p. 626).

Considera-se que os indivíduos ignoram as evidências, quando não fazem nenhuma tentativa de avaliar a compatibilidade entre estas e as suas conceções. Considera-se que rejeitam os dados quando formulam explicitamente uma explicação para justificar a rejeição. Os autores referidos indicam três justificações para a rejeição: o defeito no processo de recolha das evidências; a atribuição da incompatibilidade a um mero acaso ou a convicção que os dados foram falsificados. A exclusão das evidências corresponde à situação em que os indivíduos consideram que estas estão fora do âmbito aplicável das próprias conceções. A procrastinação corresponde à situação em que se considera que os dados são insuficientes ou parecem conter demasiadas incertezas, sendo melhor esperar, antes de mudar de ideias. A reinterpretção corresponde à situação em que as evidências são reinterpretadas de modo a tornar-se compatíveis com as próprias conceções. A dúvida acerca dos dados

tem alguma semelhança com a rejeição, pois os indivíduos consideram que, se fossem válidos, as suas concepções não os poderiam explicar, mas neste caso não apresentam nenhuma justificação para a rejeição, levantam apenas a dúvida sobre a validade das evidências. Nenhum destes comportamentos conduz a alterações nas próprias concepções, pelo que é conveniente estimular que os alunos reflitam sobre eles.

Para estimular a alteração conceptual, Chinn e Brewer (1993) sugerem várias estratégias. Por um lado, se o professor conhecer as diferentes formas dos alunos responderem às evidências que lhes são apresentadas, pode orientar as discussões estimulando a reflexão sobre as atitudes que não levam à reformulação das próprias concepções. Por outro, afirmam a importância de considerar as características: das concepções prévias, e das teorias e evidências que são apresentadas aos alunos, para conseguir as mudanças pretendidas.

Relativamente às concepções prévias, apontam que as concepções mais abrangentes levam mais tempo a ser mudadas e apenas se notam ao fim de vários anos, à medida que os alunos acumulam mais conhecimentos nesse âmbito. Se as concepções estão muito arraigadas e têm uma relevância significativa no dia a dia dos alunos, para se conseguirem mudar é necessário que estes compreendam as vantagens da teoria científica que lhes é apresentada, em comparação com as suas concepções prévias. A concepção que os alunos têm do que é o conhecimento científico pode também constituir um obstáculo importante às mudanças conceptuais. Por esta razão, é essencial proporcionar aos alunos experiências que lhes permitam compreender adequadamente como se constroi o conhecimento científico. Um último ponto a ter em atenção são os conhecimentos prévios dos alunos, uma vez que, tanto podem constituir um obstáculo, como um apoio para a mudança conceptual (National Research Council, 2007).

No que diz respeito às teorias científicas que são apresentadas aos alunos, Chinn e Brewer (1993) referem que devem ser inteligíveis, tendo em conta os seus conhecimentos prévios. Devem ainda ser abordadas de modo a tornar patente o seu *rigor* na explicação das evidências; a sua *abrangência*, fundamentando a explicação de um grande número de fenómenos; e a sua *consistência* lógica interna.

Quanto às evidências, afirmam que devem ser credíveis e, tanto quanto

possível, devem justificar de modo inequívoco a teoria científica que se pretende introduzir. Como nem sempre é possível obter evidências totalmente imunes a reinterpretações ou a críticas processuais, é útil prever possíveis objeções suscitadas pelos alunos e dispor de exemplos concretos de evidências que respondam a essas objeções. Quando não é possível fazê-lo imediatamente, é conveniente remeter para uma aula, ou um nível posterior, aceitando e valorizando a objeção apresentada. Se a objeção vier a ser respondida numa aula posterior, é útil à fazer referência à situação em que o aluno a mencionou.

Aqueles mesmos autores sublinham que não se pretende que os alunos alterem as suas concepções de forma cega, mas que o façam racional e reflexivamente. A investigação em psicologia social sugere que os indivíduos estão mais dispostos a alterar as suas concepções quando consideram profundamente os dados anómalos com que são confrontados. O uso da argumentação facilita este envolvimento profundo, na medida em que os alunos têm de tentar convencer os colegas da validade das suas ideias, justificar as ideias que apresentam e refletir sobre as ideias próprias e as dos outros (Chinn & Brewer, 1993; Kuhn, 2010).

3.2.3 Descrição sumária das tarefas

A construção das tarefas realizadas pelos alunos teve por base, na maioria dos casos, os modelos propostos por Osborne, Erduran e Simon (2004b) no projeto *Ideas, Evidence and Argument*. Nesta subsecção, apresenta-se sucintamente cada uma delas. Faz-se uma descrição geral, explicitam-se alguns objetivos específicos, conhecimentos prévios que os alunos deveriam mobilizar e dificuldades que poderiam encontrar. É também apresentado um quadro com a sequência dos segmentos em que foram estruturadas e os tempos letivos em que foram desenvolvidas. No apêndice A apresentam-se as planificações detalhadas das aulas. Todos os tempos letivos na escola têm a duração de 55 minutos. No caso desta turma, na disciplina de Física e Química, não há divisão em turnos, pelo que as tarefas foram executadas por todos os alunos, em simultâneo.

A tarefa 1 foi estruturada em duas partes e dez segmentos. No quadro 3.7

Quadro 3.7: Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 1

Data	Momentos da aula
16/02/2016	1.º introdução da parte 1; 2.º resolução da questão da parte 1 (trabalho autónomo); 3.º discussão coletiva; 4.º síntese da parte 1;
18/02/2016	5.º introdução da parte 2 (trabalho laboratorial); 6.º resolução das questões da parte 2 (trabalho autónomo); 7.º conclusão do trabalho laboratorial;
22/02/2016	8.º introdução da discussão dos resultados da parte 2; 9.º discussão coletiva; 10.º síntese final.

apresentam-se os segmentos em que foi dividida. A primeira parte foi desenvolvida num período de 55 minutos e realizada em pares. Nesta parte, foi pedido aos alunos para apresentar argumentos para responder à questão se o gás natural tinha cheiro. Foi fornecida uma folha contendo informações sobre o gás natural, onde se explica que o gás natural é uma mistura de substâncias e que é inodoro. É também referido que, por razões de segurança, é adicionada, ao gás, uma substância com cheiro, antes de ser distribuído aos consumidores. Após o trabalho autónomo dos alunos fez-se uma discussão coletiva das conclusões e argumentos apresentados pelos pares. No final fez-se uma síntese desta parte da tarefa. Pretendia-se que os alunos reconhecessem que o gás natural é uma mistura de substâncias, todas elas inodoras, e que o cheiro sentido no caso de uma fuga de gás é o cheiro da substância que é adicionada antes da distribuição.

A segunda parte da tarefa foi desenvolvida em dois períodos de 55 minutos e realizada em grupos de quatro alunos. O objetivo era, tal como na primeira parte, explorar diferentes propriedades dos materiais. No primeiro período de 55 minutos, os alunos foram confrontados com seis substâncias

diferentes, que tinham de identificar no laboratório. Cada substância estava rotulada com uma letra de A a F. Havia seis estações no laboratório, permitindo que os seis grupos trabalhassem em simultâneo. Durante o trabalho de laboratório, cada grupo passou por três estações, tendo cada uma um par de substâncias. Os pares de substâncias escolhidos foram: alumínio e ferro polidos; água e glicerol, cloreto de sódio e sacarose na forma de cristais de dimensão semelhante. Foi fornecida uma lista com os nomes das seis substâncias e algumas das suas propriedades. Pedia-se aos alunos para indicarem semelhanças e diferenças entre as substâncias de cada estação e, com base nas evidências encontradas, apresentarem conclusões relativamente à correspondência entre a letra do rótulo e o nome da substância. No final do trabalho autónomo, pediu-se aos alunos para verificarem se tinham feito todos os registos necessários e deixarem os materiais, que usaram, arrumados em cima da bancada.

No seguinte período de 55 minutos, fez-se a discussão coletiva dos resultados obtidos pelos diferentes grupos. Pretendia-se que os alunos reconhecessem que há materiais com propriedades físicas semelhantes. Também se pretendia que compreendessem que numa situação em que se conhece, com certeza, que a substância analisada só pode ser uma de duas, basta determinar uma das propriedades que tem valor diferente, para identificar, com segurança, a substância. Quando não há nenhuma informação prévia sobre a substância, é habitualmente necessário determinar várias das suas propriedades para a poder identificar.

A tarefa 2 foi estruturada em duas partes, cada uma delas desenvolvida num período de 55 minutos. No quadro 3.8 apresentam-se os diferentes segmentos em que foi dividida. Os alunos trabalharam em pares em ambas as partes. Na primeira parte os alunos foram confrontados com três afirmações falsas, envolvendo os estados físicos da água. Foi pedido aos alunos para lerem as afirmações e, com base nas evidências fornecidas ou noutras que fossem adequadas, concluírem se as afirmações eram, verdadeiras, falsas, ou se não sabiam. Depois do trabalho autónomo dos pares, fez-se a discussão coletiva. Pretendia-se que os alunos compreendessem que existe água no estado gasoso a temperaturas inferiores a 100°C ; que o nevoeiro é uma mistura coloidal contendo uma fase líquida, constituída por água, e uma fase gasosa,

Quadro 3.8: Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 2

Data	Momentos da aula
23/02/2016	1.º introdução da parte 1;
	2.º formulação de argumentos que justifiquem se as afirmações (I), (II) e (III) são verdadeiras ou falsas (trabalho autónomo);
	3.º discussão coletiva;
	4.º síntese da parte 1;
25/02/2016	5.º introdução da parte 2;
	6.º resolução das questões 1 e 2 (trabalho autónomo);
	7.º discussão coletiva;
	8.º síntese final.

com a composição do ar; e que, quando o estado físico da água muda, os corpúsculos que a constituem não alteram as suas propriedades, apenas se alteram as ligações que estabelecem com os corpúsculos vizinhos. No final, fez-se uma síntese dos diversos argumentos que corroboravam a falsidade das afirmações.

Na segunda parte, partindo de um vídeo da estação espacial internacional, pediu-se aos alunos para escolher a mais adequada de quatro afirmações para explicar por que é que a água, na estação espacial, não escorre ao sair do recipiente. Os pares tinham de justificar, com base no que observaram no vídeo e nas evidências fornecidas ou noutras que fossem adequadas, por que é que estavam convencidos que a opção escolhida era a mais adequada e também por que é que consideravam menos adequada, ou não adequada, cada uma das restantes opções. Depois do trabalho autónomo dos pares, fez-se a discussão coletiva. Pretendia-se que os alunos compreendessem, através do vídeo e das evidências fornecidas, que os corpúsculos que compõem os líquidos estão unidos por forças atrativas, que permitem alguma liberdade de movimento dentro do líquido. Pretendia-se também que reconhecessem o papel do peso na forma dos líquidos se comportarem dentro e fora de

Quadro 3.9: Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 3

Data	Momentos da aula
29/02/2016	1.º introdução da parte 1; 2.º resolução das questões 1 e 2 (trabalho autónomo); 3.º discussão coletiva; 4.º resolução da questão 3 (trabalho autónomo);
01/03/2016	5.º discussão coletiva; 6.º síntese da parte 1; 7.º introdução da parte 2; 8.º resolução da questão da parte 2 (trabalho autónomo); 9.º discussão coletiva; 10.º síntese final.

recipientes. No final fez-se uma síntese dos principais conceitos relacionados com os estados físicos dos materiais.

A tarefa 3 foi estruturada em duas partes, cada uma delas desenvolvida num período de 55 minutos. No quadro 3.9 apresentam-se os diferentes segmentos em que foi dividida. Os alunos trabalharam em pares em ambas as partes. Na primeira parte foram fornecidas aos alunos duas tabelas de dados. Uma das tabelas continha cinco valores da pressão atmosférica média em função da altitude do local. Na outra tabela eram apresentados os valores dos pontos de fusão e ebulição da água, para cinco valores da pressão a que a água estava submetida. Quatro dos valores de pressão dados eram idênticos em ambas as tabelas. Na primeira questão pretendia-se que os alunos explicassem, com base em evidências, por que é que em La Paz o ponto de ebulição da água é 88 °C. Na questão 2, pediu-se aos alunos para formularem uma previsão sobre o que se observa ao puxar o êmbolo de uma seringa contendo apenas água e estando bem fechada. Pedia-se que apresentassem argumentos a favor das previsões formuladas.

Depois do tempo previsto de trabalho autónomo, fez-se uma primeira discussão coletiva. Pretendia-se que os alunos reconhecessem que o ponto

de ebulição da água depende da pressão a que está submetida. Dado que a pressão atmosférica média em La Paz é 66 kPa, o ponto de ebulição da água, nessa localização, será 88 °C. Na segunda questão pretendia-se que os alunos previssem que, ao puxar o êmbolo da seringa, a pressão no seu interior diminui. Ao diminuir a pressão, parte da água pode passar a um estado físico em que os seus corpúsculos constituintes estejam mais afastados. Esse estado é o estado gasoso. Com base nos valores das tabelas, esperava-se também que os alunos conseguissem reconhecer que, se a água no interior da seringa estivesse a 20°C, a pressão do vapor que se formaria estaria à pressão 2,3 kPa. O vapor seria apenas constituído por água, uma vez que só havia água no interior da seringa.

Esperava-se que na questão 2 surgissem algumas conceções alternativas, o que se veio a verificar. Procurou-se registar todas as previsões e argumentos apresentados pelos alunos na discussão. No fim do tempo previsto, entregou-se uma seringa a cada par, para que fizessem a experiência autonomamente. Após a realização da experiência deveriam responder a uma terceira questão. Nesta, pedia-se para registarem as observações efetuadas, explicar as observações e apresentar argumentos para convencer os outros pares que a explicação formulada era cientificamente válida. Não se conseguiu realizar neste período a discussão coletiva das respostas à questão 3, como previsto na planificação. Esta discussão passou para o período seguinte, ajustando-se a planificação da parte 2 para terminar a tarefa nesse período. Mantiveram-se os segmentos previstos.

Na discussão da questão 3 pretendia-se que os alunos observassem a formação de bolhas de vapor quando se puxava o êmbolo da seringa; compreendessem que o vapor formado era constituído integralmente por água, e que a força que levava o êmbolo à posição inicial, resultava da diferença entre a pressão no interior e no exterior da seringa.

Na segunda parte da tarefa foram apresentados aos alunos quatro gráficos, representando a temperatura da água em função do tempo. Pedia-se que indicassem qual o gráfico que representava melhor a situação em que uma massa de água é aquecida, a partir dos -5°C até se transformar totalmente em vapor. Os alunos deviam apresentar evidências para apoiar a sua escolha e também identificar possíveis argumentos contra a opção escolhida. No final

Quadro 3.10: Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 4

Data	Momentos da aula
07/03/2016	1.º introdução à tarefa; 2.º resolução das questões 1, 2 e 3 (trabalho autónomo no laboratório); 3.º finalização da parte laboratorial;
08/03/2016	5.º introdução da discussão dos resultados; 6.º discussão coletiva; 7.º síntese final.

do trabalho autónomo fez-se a discussão coletiva. Pretendia-se que os alunos compreendessem que, na situação em que uma substância é aquecida, a sua temperatura aumenta, desde que o seu estado físico não mude; e que, perto dos pontos de fusão e ebulição, a temperatura se mantém estável porque a substância demora algum tempo a mudar de estado físico. Não mencionou a energia associada à quebra das ligações entre os corpúsculos nas mudança de estado físico, porque se verificou que os alunos tinham muitas dificuldades em entender energia, calor ou equilíbrio térmico. Estes temas só seriam abordados posteriormente.

A tarefa 4 foi desenvolvida em dois períodos de 55 minutos. No quadro 3.10 apresentam-se os diferentes segmentos em que foi dividida. O primeiro período teve lugar no laboratório e os alunos trabalharam em grupos de quatro. A cada grupo foi atribuído um conjunto de objetos de plástico semelhantes aos da figura 3.6. Pedia-se aos alunos para determinar a massa, o volume e a massa volúmica de cada um dos objetos e, com base nos valores obtidos, identificar o tipo de plástico que constituía cada um. No enunciado da tarefa, incluía-se uma tabela com as gamas de massa volúmica correspondentes a sete tipos diferentes de plástico. Havia sobreposição de algumas gamas de massa volúmica dos plásticos, pelo que poderia não ser possível identificar o tipo de plástico de algum dos objetos, se a sua massa volúmica

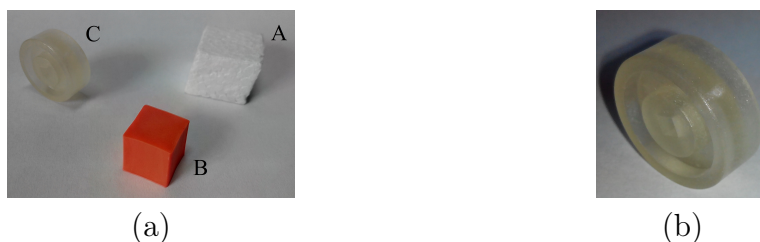


Figura 3.6: Materiais cuja massa volúmica foi determinada na tarefa 4: (a) foto dos 3 materiais; (b) detalhe do objeto C.

correspondesse a um intervalo de sobreposição. Pedia-se também aos alunos para indicarem os erros instrumentais associados a cada uma das medições efetuadas e assim poderem criticar a exatidão dos valores obtidos.

O enunciado incluía uma segunda questão, que só metade dos grupos conseguiu responder, em que se pedia para colocar cada um dos objetos em soluções com diferente massa volúmica, de valor conhecido. Estavam disponíveis quatro líquidos diferentes com massas volúmicas: $0,94 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $1,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $1,10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ e $1,35 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Pretendia-se que os alunos compreendessem que os objetos flutuariam nos líquidos com massa volúmica superior à sua, e afundar-se-iam no caso contrário. Este método não permitiria determinar a massa volúmica do objeto, mas apenas o seu valor máximo ou mínimo. Numa terceira questão, à qual nenhum grupo respondeu, pedia-se para identificar pontos fracos e fortes de cada uma das técnicas usadas para identificar os diferentes tipos de plástico. No final do trabalho autónomo, pediu-se aos alunos para verificarem se tinham feito todos os registos necessários e deixarem os materiais, que usaram, arrumados em cima da bancada.

No seguinte período de 55 minutos, fez-se a discussão coletiva dos resultados obtidos pelos diferentes grupos. Começou-se por discutir a forma de determinar o volume de cada um dos objetos. Pretendia-se que os alunos reconhecessem que o volume do objeto A poderia ser determinado, aproximadamente, assumindo que a forma era a de um prisma e o volume do objeto B assumindo que a sua forma era cúbica. Alguns alunos advertiram que as faces do objeto A não eram todas perfeitamente paralelas e que as faces do objeto B não eram perfeitamente planas, compreendendo que a aproximação

Quadro 3.11: Sequência dos segmentos em que foi estruturada a tarefa 5

Data	Momentos da aula
15/03/2016	1.º introdução da parte 1; 2.º resolução das questões 1 e 2 da parte 1 (trabalho autónomo); 3.º discussão coletiva; 4.º síntese da parte 1;
17/03/2016	5.º introdução da parte 2 (trabalho laboratorial); 6.º resolução das questões 1 a 4 (trabalho autónomo); 7.º conclusão do trabalho laboratorial; 8.º introdução da discussão dos resultados; 7.º discussão coletiva; 8.º síntese final.

feita envolvia um erro nos valores obtidos. No caso do objeto C, a medição do volume foi realizada usando uma proveta com água, na qual se mergulhou o objeto.

Em seguida, cada grupo apresentou os valores obtidos para a massa, o volume e a massa volúmica do objeto A. Pretendia-se que os alunos identificassem fontes de erro em cada uma das medições e ganhassem sensibilidade para o cuidado que devem ter ao fazê-las. Ficaram patentes as diferenças entre os resultados obtidos pelos diferentes grupos. Foram discutidas possíveis razões para estas diferenças. Usou-se um procedimento análogo, para discutir os resultados obtidos para os objetos B e C. No final, fez-se uma síntese dos principais cuidados a ter na medição da massa volúmica. Não houve tempo para discutir, em aula, as questões 2 e 3 da tarefa, pelo que foi apenas dado feedback por escrito, aos alunos que entregaram os seus registos, ou oral aos que interrogaram o professor sobre estas questões.

A tarefa 5 foi estruturada em duas partes. A primeira parte foi desenvolvida num período de 55 minutos, enquanto a segunda ocupou dois períodos de 55 minutos separados por um intervalo de 15 minutos. Os alunos trabalha-

ram em grupos de quatro em ambas as partes. No quadro 3.11 apresentam-se os diferentes segmentos em que a tarefa foi dividida. Na primeira parte foi entregue a cada grupo uma mistura contendo 7,0 g de cloreto de sódio, 12,0 g de areia e 15,0 g de limalha de ferro, e uma folha contendo dados referentes a cada um destes materiais. Pedia-se aos alunos para indicarem o modo e a sequência mais adequados para os separar, apresentando argumentos para justificar a proposta. Tinha sido pedido previamente, para estudarem em casa as páginas do manual contendo informações sobre vários processos físicos de separação. Depois do trabalho autónomo, fez-se a discussão das propostas dos grupos. Pretendia-se que os alunos reconhecessem que poderiam começar por separar a limalha de ferro usando um íman. Em seguida, poderiam adicionar água à mistura de areia e cloreto de sódio, até dissolver o sódio. Poderiam separar a solução de cloreto de sódio da areia, por decantação, seguida de filtração. No final, poderiam obter a areia, secando-a, e o cloreto de sódio, aquecendo a solução até evaporar toda a água. Discutiram-se alguns pormenores do procedimento como seja, por exemplo, como usar o íman de modo que não ficasse uma grande quantidade de limalha de ferro pegada a este. Antes de terminar esta parte da tarefa, fez-se uma síntese da proposta que resultou da discussão e que seria executada na aula seguinte.

A segunda parte foi realizada no laboratório. Cada grupo dispunha de uma mistura idêntica e do material correspondente à proposta elaborada na aula anterior. Pedia-se que para executarem o procedimento definido previamente e registarem as observações que considerassem relevantes. Numa segunda questão pedia-se para indicarem se tinham conseguido separar os três materiais e qual a quantidade obtida de cada um deles. Na terceira e quarta questões, pedia-se para refletirem sobre o procedimento executado e sobre os resultados obtidos, e para apresentarem argumentos mostrando as vantagens ou desvantagens de fazer alterações ao procedimento. Os grupos trabalharam autonomamente enquanto o professor circulava na sala dando apoio aos que necessitavam. Todos os grupos solicitaram a ajuda do professor em algum momento. Houve também partilha de informação entre os grupos. No final do trabalho autónomo, pediu-se aos alunos para verificarem se tinham feito todos os registos necessários e deixarem os materiais, que usaram, arrumados em cima da bancada.

No seguinte período de 55 minutos, fez-se a discussão coletiva dos resultados obtidos pelos diferentes grupos. Pretendia-se que os alunos reconhecessem a diferença entre a massa de cada um dos materiais existente inicialmente na mistura e a que foi obtida por cada grupo no laboratório. Pretendia-se também que reconhecessem algumas das limitações dos procedimentos executados e que apresentassem propostas de alteração que permitissem melhorar os resultados. No final fez-se uma síntese das principais razões apontadas para os resultados obtidos pelos grupos.

3.2.4 Avaliação

Na definição das estratégias procurou-se que estivessem presentes formas de avaliação articuladas e coerentes que permitissem aferir a sua validade e adequação, aos objetivos pré-definidos, durante o desenvolvimento das tarefas. Como afirma Roldão (2009), em toda a conceção estratégica, deve estar prevista a forma e os modos de avaliação, devendo esta focar-se nos objetivos trabalhados intencionalmente, e não no que resulta de outras aprendizagens do aluno, externas ao processo levado a cabo. A mesma autora indica que desenhar uma estratégia requer, além de intencionalidade, conhecimento. A intencionalidade está presente na definição dos objetivos e do caminho para os atingir. O conhecimento é necessário, porque nem todos os alunos seguem o mesmo caminho e se pretende que todos atinjam o nível máximo de que forem capazes. Para isso, é preciso conhecer em que ponto estão, se o caminho que seguiram é adequado e se têm os recursos apropriados para prosseguir. Deste modo se desenha um caminho adequado e simultaneamente se orienta cada um dos alunos para atingir os objetivos pretendidos. O conhecimento é dado pela avaliação e a reflexão, durante e após o processo.

Como já foi referido no capítulo 2, na base deste processo, deve estar um profundo conhecimento das matérias abordadas; dos objetivos de aprendizagem pretendidos; e das diferentes estratégias que os alunos poderão seguir para os atingir. Além de os possuírem intencionalmente, os professores devem ser capazes de comunicar claramente aos alunos os objetivos de aprendizagem e os critérios de qualidade usados. Cowie (2012) sublinha também que o uso de critérios fortemente especificados pode promover uma cultura de

cumprimento em vez de uma cultura de aprendizagem. Para favorecer a cultura de aprendizagem procurou-se estimular nos alunos uma atitude de questionamento relativamente às ideias próprias e às dos outros, abertura relativamente ao conhecimento e uma noção de que o esforço é inerente a todo o processo de aprendizagem (National Research Council, 2014).

A avaliação realizada durante a intervenção foi essencialmente formativa, tendo por objetivo a orientação e regulação do processo de aprendizagem (Correia & Freire, 2010). Neste tipo de avaliação, não é fácil, muitas vezes distinguir as ações cuja finalidade é a aprendizagem, daquelas cuja finalidade é a avaliação. Ambas estão intimamente relacionadas. Para que este tipo de avaliação seja significativo, não é suficiente obter uma evidência isolada que aponte para um dado nível de competência do aluno. É antes necessário conseguir um conjunto variado de evidências que revelem o desenvolvimento transversal do nível de competência, num número diversificado de experiências de aprendizagem (National Research Council, 2014).

Capítulo 4

Métodos e procedimentos

Neste estudo, tanto as questões orientadoras, como o horizonte temporal, e o facto da investigação ser desenvolvida no âmbito da prática de ensino supervisionada, apontam para um trabalho de natureza preferencialmente descritiva e interpretativa. Tendo isto em conta, optou-se por usar, para a recolha e análise de dados, os métodos próprios da investigação qualitativa, que se apresentam a seguir.

O capítulo está estruturado em quatro secções. Na primeira, justifica-se o método de investigação selecionado. Na segunda, faz-se uma breve caracterização dos participantes. Na terceira descrevem-se os instrumentos de recolha de dados e na última secção explica-se como foi realizada a análise dos dados.

4.1 Métodos de investigação

Este é um trabalho de cariz investigativo sobre a própria prática, realizada num ambiente natural, a sala de aula, cujo foco são as aprendizagens dos alunos atribuídos ao investigador. Não se pretende quantificar uma relação entre variáveis estatísticas, pretende-se antes compreender como é que uma estratégia concreta, a prática da argumentação científica em sala de aula, promove as aprendizagens. Por outras palavras, procura-se observar e compreender os percursos concretos seguidos pelos alunos para aprender usando a estratégia selecionada. A modalidade da investigação, como foi referido, é uma investigação sobre a prática e o paradigma de análise, correspondente ao objetivo do estudo, é um paradigma interpretativo.

O que é que se entende por investigação na própria prática? Koshy (2005) define-a como uma investigação, feita com rigor e discernimento, que tem como objetivo melhorar o próprio desempenho profissional. Além do objetivo pessoal de desenvolver as competências profissionais do investigador, a investigação sobre a própria prática tem também um objetivo social que, no caso de um professor, se traduz na melhoria das aprendizagens dos seus alunos (Koshy, 2005; Ward, 2014). No presente trabalho, em que a investigação se insere na realização de um mestrado em ensino, é ainda esperado que o investigador mostre um conhecimento adequado do método de investigação escolhido.

De acordo com Erickson (1986) «o que caracteriza uma investigação interpretativa ou qualitativa é o seu foco substantivo e a sua finalidade, mais do que o procedimento de recolha de dados» (pp. 119–120). Numa investigação qualitativa, o investigador procura estar tão próximo quanto possível da realidade observada, esforçando-se por compreender o significado imediato e subjetivo das ações. «As questões chave neste tipo de investigação são: “O que é que está a acontecer aqui em particular? Que significado têm os dados observados para as pessoas envolvidas?”» (Erickson, 1986, p. 124). Para o conseguir é necessária uma participação intensiva e prolongada no meio onde se desenvolve a investigação; um registo cuidadoso de tudo aquilo que possa ter influência no problema em estudo e um empenho profundo de análise reflexiva sobre os dados recolhidos (Erickson, 1986; Miles & Huberman, 1994; Patton, 2002).

Erickson (1986) refere também que «o objetivo da investigação social qualitativa é a ação» (p. 127), entendida como um comportamento associado às interpretações do ator e dos indivíduos com quem o ator interage. Transpondo esta situação para o presente trabalho, não interessa conhecer a correlação entre a estratégia usada pelo professor e o comportamento dos alunos, mas compreender como é que cada aluno interpretou essa estratégia e que relação tem essa interpretação com o comportamento observado. Dado que uma mesma estratégia do professor é interpretada de modo diferente pelos diferentes alunos de uma turma, o conhecimento de interpretações observadas permite ao professor dar um apoio diferenciado que ajude um maior número de alunos a atingir os objetivos de aprendizagem desejados.

4.2 Participantes

Os participantes deste estudo são os alunos de uma turma do 7.º ano de escolaridade. Na turma não há alunos que tenham tido retenções ao longo do seu percurso escolar, sendo a média de idades de 13 anos. A maioria dos alunos da turma apresenta um comportamento classificado como adequado pelos professores, sendo, habitualmente, pontuais, assíduos, interessados e trabalhadores. Há alguma assimetria relativamente ao desempenho nas diferentes disciplinas.

A turma é constituída por 24 alunos, sendo todos rapazes. No que diz respeito aos encarregados de educação, a maioria tem formação superior (c. de 62%), interessando-se pela vida escolar dos filhos e vindo à escola com regularidade, quer para participar em eventos, quer para falar com o diretor de turma. Cinco dos encarregados de educação não deram autorização para que os seus filhos participassem no estudo desenvolvido no âmbito desta intervenção. Todos os restantes alunos aceitaram participar, pelo que serão objeto de análise apenas os dados referentes a estes 19 alunos. Para manter o anonimato, cada aluno participante é designado por um «A» seguido de um número entre 01 e 19.

Para a realização da entrevista em grupo focado, selecionaram-se oito alunos, que manifestaram diferentes níveis de interesse pelas temáticas abordadas; revelaram boa capacidade de expressão oral, no sentido de justificar e comunicar as suas perspetivas; e aceitaram participar na entrevista (Seidman, 2006).

A escola está situada no concelho de Lisboa e oferece os níveis de ensino desde o pré-escolar até ao 12.º ano. Os alunos que a frequentam, pertencem na sua maioria à classe média, têm nacionalidade portuguesa e frequentam a escola desde o 1.º ciclo ou desde o pré-escolar. Há alguns alunos provenientes de Angola, do Brasil, ou de origem indiana, que parecem estar bem integrados. Relativamente às instalações, a escola é constituída por vários pavilhões onde funcionam as aulas e um onde se concentram os serviços. Há laboratórios de Química, Física e Biologia bem equipados. Tem um pavilhão e vários campos desportivos exteriores bem cuidados. O quadro docente da escola é estável, garantindo a continuidade pedagógica e uma maior coordenação

entre os diferentes níveis de escolaridade e unidades curriculares.

4.3 Recolha de dados

De acordo com Morrell e Carroll (2010), os dados usados numa investigação qualitativa provêm na sua maior parte: «de observações, entrevistas e diversos tipos de documentos» (p. 81). Neste estudo, foram usados os três tipos de instrumentos referidos. Cada um deles fornece ao investigador informações de diferente natureza, permitindo complementar perspectivas e facilitar a triangulação dos dados. Alguns dos instrumentos têm como finalidade a descrição do ambiente natural, enquanto outros são mais dirigidos à descoberta das perspectivas e interpretações subjetivas dos participantes (Ritchie, 2003). Procurou-se registar os aspetos relativos ao ambiente natural das atividades desenvolvidas, mas principalmente as perspectivas e interpretações subjetivas dos participantes, relativamente à problemática pré-definida. Importa, também, não perder de vista que, mais importante do que reunir uma grande quantidade é discernir que tipo de dados e qual a forma de os obter, para alcançar o objetivo do estudo (Koshy, 2005).

Dado que o investigador é participante, convém prestar atenção a alguns dos aspetos referidos por Morrell e Carroll (2010) para estes casos. Concretamente: tentar ultrapassar possíveis preconceitos do investigador; estar atento à influência que o investigador tem nos participantes e procurar diversificar os métodos e as fontes dos dados, de modo a melhorar a sua validade e fidelidade.

Os dados sobre as aprendizagens dos alunos foram obtidos através de documentos escritos, dos registos áudio e vídeo das aulas e de uma entrevista em grupo focado. Para triangulação e validação dos dados, recorreu-se às informações fornecidas pelo professor cooperante e às notas de campo de outra investigadora que assistiu à maioria das intervenções.

Do ponto de vista da caracterização da escola, a recolha de dados foi feita a partir da informação disponível na internet, da observação realizada pelo investigador durante a sua prática letiva e da informação proporcionada pelos docentes e diretores da escola.

4.3.1 Documentos escritos

São muito variados os tipos de documentos que podem fornecer dados para uma investigação qualitativa. Para orientar o seu uso, é habitual classificá-los em dois tipos principais: documentos pessoais e documentos oficiais. Os documentos pessoais podem incluir diários, portfolios, testes, relatórios, etc. produzidos pelos participantes. Os documentos oficiais são produzidos pela instituição, podendo ser classificados em três grandes grupos: documentos internos, comunicações externas e registos biográficos (Bogdan & Biklen, 1992; Morrell & Carroll, 2010).

Relativamente aos documentos pessoais Bogdan e Biklen (1992) referem que são classificados deste modo aqueles materiais que revelam, de algum modo, a experiência ou as conceções dos seus autores, e são produzidos pelos próprios. Afirmam também que «habitualmente estes documentos não são solicitados diretamente pelo investigador, mas encontrados» (p. 132). Acrescentam, que, embora «suscitando questões éticas» (p. 132) é útil pedir aos participantes que escrevam sobre determinados tópicos, o que permite centrar o foco dos relatos, conseguindo que um número significativo de indivíduos escrevam sobre o mesmo tema.

No que diz respeito aos documentos oficiais, Bogdan e Biklen (1992) explicam em que situações podem ser usados e que tipo de informação podem fornecer. No caso de uma escola, os documentos internos incluem regulamentos, comunicações internas, atas de reuniões, relatórios de avaliação sobre o funcionamento ou o cumprimentos dos regulamentos, etc. Este tipo de documentos pode fornecer informação sobre estilos de liderança, formas participação no governo da instituição, valores que fazem parte da identidade institucional, etc. As comunicações externas são documentos elaborados com o objetivo de transmitir a imagem da instituição para fora. Deste grupo podem fazer parte: o site institucional, as comunicações com os encarregados de educação, folhetos promocionais, jornais escolares, etc. Este material pode ser útil, na medida em que for conhecido quem os produziu e a sua finalidade. Por último, os registos biográficos incluem informações, quer sobre os alunos, quer sobre os professores e restantes empregados da escola. Os registos biográficos dos alunos podem fornecer alguns dados sobre: a evolução académica

ao longo da escolaridade, as escolas que frequentou, a assiduidade, o perfil familiar, etc. Podem ser úteis, por exemplo, em estudos longitudinais ou em estudos de caso, embora alguns investigadores considerem que estes dados contêm mais informação sobre quem fez os registos e as suas perspetivas, do que sobre os próprios alunos.

No presente estudo, são especialmente importantes os documentos escritos, produzidos pelos alunos durante a realização das tarefas. A forma assemelha-se à de um questionário, em que as questões colocadas foram formuladas do modo mais aberto possível de modo a suscitar conceções, experiências, perceções, reflexões, etc., sobre as temáticas abordadas; e identificar as dificuldades e estratégias usadas (Koshy, 2005; Miles & Huberman, 1994). As respostas recolhidas constituíram um dos materiais básicos para a análise das aprendizagens. É importante considerar que alguns destes materiais podem estar influenciados pelo facto de constituírem um elemento de avaliação do desempenho dos alunos.

4.3.2 Observação

Como foi referido, a observação teve como foco os alunos. Do ponto de vista do papel do observador, salienta-se o facto de ser um observador participante. A influência desta situação é minimizada, dado a sua presença se prolongar ao longo de todo um ano letivo. Flick (2005) menciona sete fases diferentes no processo de observação: escolha do enquadramento; definição do que deve ficar registado; treino do observador; observação descritiva que fornece uma visão geral inicial do campo; observações dirigidas; observações seletivas e fecho da observação. No presente caso, o enquadramento definido são as aulas da turma atribuída ao investigador. O treino do observador fez-se no âmbito das disciplinas de Iniciação à Prática Profissional I e II, mas principalmente nas aulas prévias às intervenções realizadas. Durante a fase da observação foram identificados os aspetos que pudessem ser mais relevantes para a problemática selecionada e adquirida alguma destreza nos processos de recolha de dados. A visão geral do campo inclui a observação da vida da escola e dos alunos da turma, ao longo do ano letivo.

Seguindo as indicações de Bogdan e Biklen (1992) e de Koshy (2005),

procurou-se descrever, do modo mais exato possível, as situações diretamente relacionadas com objetivo do estudo, mantendo simultaneamente alguma abertura relativamente a aspetos laterais. Logo após cada intervenção, é conveniente fazer uma reflexão sobre os dados e o processo de observação, registando sentimentos, impressões, inferências ou comentários que possam ser úteis para a análise posterior. Bogdan e Biklen (1992) salientam que «o sucesso de um estudo em que o investigador é participante . . . , se apoia em notas de campo detalhadas, precisas e extensas» (p. 107).

As observações dirigidas e seletivas incluem fundamentalmente os dados obtidos a partir dos registos áudio e vídeo das intervenções. O foco da observação foi a argumentação dos alunos, quer em pequeno grupo, quer em turma. Neste sentido, procurou-se registar algumas das discussões realizadas, tendo o cuidado em respeitar a decisão dos alunos que manifestaram não querer participar no estudo.

4.3.3 Entrevista

As entrevistas podem ter diferentes formatos e estruturas. Segundo Bogdan e Biklen (1992), a escolha da estrutura da entrevista deve adequar-se ao objetivo de investigação, podendo escolher-se diferentes estruturas em diferentes fases do estudo. Relativamente à estrutura, que se reflete no guião construído previamente, as entrevistas podem classificar-se como estruturadas, não estruturadas e semiestruturadas.

«Nas entrevistas estruturadas, cada entrevistado responde a uma série de perguntas preestabelecidas dentro de um conjunto limitado de categorias de respostas» (Afonso, 2005, p. 98). O objetivo é, habitualmente, obter informação quantificável a partir de um grande número de entrevistados. Não há lugar a perguntas abertas, nem há usualmente interação entre o entrevistador e o entrevistado. Pelo contrário nas:

entrevistas não estruturadas, a interação verbal entre entrevistador e entrevistado desenvolve-se à volta de temas ou grandes questões organizadoras do discurso, sem perguntas específicas e respostas codificadas. O objectivo consiste em compreender o comportamento complexo e os significados construídos pelos su-

jeitos, sem impor uma categorização exterior que limite excessivamente o campo da investigação (Afonso, 2005, p. 98).

No caso das entrevistas semiestruturadas «o modelo global é o das entrevistas não estruturadas, mas os temas tendem a ser mais específicos» (Afonso, 2005, p. 99).

No presente estudo, em que o objetivo da investigação estava pré-definido, optou-se pelo tipo de entrevista semiestruturada, por ser o mais adequado para obter dados centrados nas questões orientadoras e mais bem delimitados. Na elaboração do guião, formularam-se perguntas abertas, de modo a não condicionar, tanto quanto possível, as respostas dos participantes. Optou-se por uma entrevista em grupo focado, por um lado, por reconhecer que as aprendizagens se realizam num contexto social. Por outro, neste tipo de entrevista os participantes tendem a sentir-se mais confortáveis e seguros para manifestar os seus pontos de vista diante do professor. A entrevista em grupo focado é um tipo de entrevista que tem características próprias, distinguindo-se de uma simples entrevista de grupo e de uma entrevista individual. É, em todo o caso, uma entrevista e não um debate entre os participantes, embora possam dar-se interações diretas entre os entrevistados. A grande diferença em relação a uma entrevista individual resulta do facto dos participantes ouvirem as respostas uns dos outros e poderem fazer comentários, que complementam ou contrapõem as perspetivas enunciadas. Patton (2002) refere também que a grande potencialidade deste tipo de entrevistas resulta do facto de serem focadas, tanto no que diz respeito aos tópicos abordados, como às interações e características dos participantes, ou o tempo empregue. Durante a entrevista teve-se o cuidado de estimular as respostas de todos os alunos, dando-lhes liberdade de responder apenas às questões que pretendessem e na ordem que preferissem. A entrevista foi realizada após a última intervenção, registada em vídeo e transcrita integralmente para análise. O guião que orientou a entrevista, é apresentado no apêndice C.

4.4 Análise de dados

Miles e Huberman (1994) definem a análise de dados como um processo «que envolve três atividades simultâneas: organização de dados, apresenta-

ção dos dados, e formulação de conclusões/validação» (p. 10). A organização de dados consiste em selecionar, salientar, simplificar, abstrair ou transformar os dados recolhidos. A apresentação é uma forma organizada e resumida de agregar a informação de modo a conseguir tirar conclusões e propor ações. Os autores referidos afirmam que o investigador vai criando os seus próprios modelos para compreender os dados, desde o início do processo de recolha. As conclusões vão, então, surgindo à medida que o investigador identifica regularidades, padrões, possíveis explicações, relações causais, correlações, etc. Um investigador experiente mantém uma atitude aberta e crítica, até ao final do processo de análise, relativamente às conclusões. Esta atitude é acompanhada de um esforço de validação, quer dos dados, quer das conclusões esboçadas. A validação, pode ser despoletada por uma dúvida passageira, que surge na mente do investigador durante o processo de organização ou escrita das notas de campo, e que o conduz a uma breve revisão do que escreveu antes; ou pode algo mais profundo e elaborado, envolvendo um longo processo argumentativo e discussões, com os pares, para tentar chegar a um consenso, ou o empenho prolongado por encontrar uma réplica de uma determinada relação, num conjunto independente de dados (Koshy, 2005; Miles & Huberman, 1994).

Um processo comum de validação, como foi referido acima, é a triangulação. Esta pode ser feita a partir de conjuntos de dados independentes, métodos diferentes, análises realizadas por diferentes investigadores, ou diferentes fundamentações teóricas (Patton, 2002). No presente trabalho, a triangulação foi feita recorrendo a diferentes métodos, conjuntos independentes de dados, e notas de campo ou perspectivas de diferentes observadores.

Relativamente à organização e apresentação dos dados, não existe uma maneira única ou mais correta de o fazer. O investigador deve ter claros os seus objetivos, para poder decidir adequadamente o tipo de análise a efetuar (Cohen, Manion & Morrison, 2007). Durante a análise, o investigador procura identificar padrões ou categorias que revelem evidências para fundamentar com solidez as conclusões. Os dados fornecidos pelos diferentes instrumentos são confrontados entre si e relacionados com os resultados esperados. Simultaneamente o investigador mantém-se atento a resultados inesperados que possam ter relevância para o objetivo da investigação (Koshy,

2005). O processo de identificação das categorias denomina-se habitualmente codificação. Pode partir de um conjunto de categorias definido previamente e que vai evoluindo durante a análise, nas sucessivas leituras e reorganizações dos dados (Burton & Bartlett, 2005; Cohen et al., 2007).

No presente trabalho, a identificação das categorias foi realizada a partir dos documentos escritos dos alunos, das notas de campo do professor, da transcrição da entrevista e de partes relevantes dos registos áudio e vídeo das aulas. Posteriormente foi confrontada com as perspetivas da orientadora para validação das interpretações associadas à codificação efetuada. Procurou-se prestar atenção à grande tensão entre a defesa de uma compreensão abrangente dos dados e a tendência para os fragmentar (analisar), separando-os em diferentes elementos constitutivos (Cohen et al., 2007). Por último, foi tido em consideração que apresentar interpretações livres de qualquer preconceito é um objetivo inalcançável, pelo que as conclusões formuladas não podem ser consideradas indiscutíveis. Pelo contrário, é muito útil confrontá-las com as perspetivas de outros peritos (Miles & Huberman, 1994), papel que desempenham de modo relevante as provas de defesa e discussão pública deste relatório.

As categorias identificadas, no que diz respeito às dificuldades reveladas pelos alunos, foram: «linguagem científica» e «construção dos argumentos». Dado que ambas envolviam um grande número de dados, foi feita uma codificação mais fina dos dados, na qual emergiram, associadas à categoria «linguagem científica», as subcategorias: «uso da linguagem científica» e «conhecimentos prévios»; e associada à categoria «construção dos argumentos», as subcategorias: «apresentação de evidências», «justificação» e «apresentação de contra-argumentos». Relativamente às estratégias usadas pelos alunos para ultrapassar as dificuldades, foram identificadas as categorias: «pesquisa de informação», «manipulação de materiais», «discussão» e «apoio do professor». Por último, associadas à avaliação que os alunos fizeram das tarefas, destacaram-se as categorias: «relevância das tarefas» e «recomendações futuras». No quadro 4.1 apresentam-se estas categorias e subcategorias, associadas a cada uma das questões orientadoras.

Quadro 4.1: Categorias e subcategorias de análise

Questão orientadora	Categorias	Subcategorias
Que dificuldades têm os alunos neste tipo de tarefas?	– Linguagem científica	– Uso da linguagem científica – Conhecimentos prévios
	– Construção dos argumentos	– Apresentação de evidências – Justificação – Apresentação de contra-argumentos
Que estratégias usam para ultrapassar as dificuldades que encontram?	– Pesquisa de informação – Manipulação de materiais – Discussão – Apoio do professor	
Que avaliação fazem das tarefas?	– Relevância das tarefas – Recomendações futuras	

Capítulo 5

Resultados

Neste capítulo apresentam-se alguns dos resultados obtidos durante a intervenção efetuada numa turma do 7.º ano de escolaridade, desenvolvendo tarefas no sentido de promover a argumentação científica dos alunos. O capítulo está organizado em três secções que correspondem a cada uma das questões orientadoras, referidas na página 3 do capítulo 1.

Os dados foram recolhidos a partir dos documentos escritos dos alunos, da entrevista em grupo focado, das notas de campo do professor e dos registos áudio e vídeo das aulas. A análise centrou-se principalmente nas evidências apresentadas pelos alunos nos registos escritos e na entrevista em grupo focado. Recorreu-se aos restantes elementos, em situações concretas, para completar ou validar a análise. As categorias e subcategorias que resultaram da análise dos dados estão sintetizadas no quadro 4.1 (ver página 85).

5.1 Dificuldades dos alunos

Com a primeira questão de investigação pretendia-se estudar que dificuldades têm os alunos neste tipo de tarefas. Foram identificadas duas categorias de análise no âmbito das dificuldades: linguagem científica e construção dos argumentos.

5.1.1 Linguagem científica

As dificuldades que os alunos revelam no campo da linguagem científica, surgem quer pelo facto de não estarem familiarizados com a linguagem usada, quer pela existência de conflitos entre os conhecimentos prévios e os conceitos que são introduzidos na disciplina. Neste sentido, os dados analisados foram organizados nas subcategorias: uso da linguagem científica e conhecimentos prévios.

Uso da linguagem científica

Analisa-se nesta subcategoria as dificuldades relacionadas com o uso da linguagem científica introduzida nas tarefas ou que foi objeto de estudo específico na disciplina. Incluíram-se, nesta subcategoria, apenas os aspetos relacionados com a estrutura formal da linguagem. O que se refere ao conhecimento dos conceitos, subjacentes à linguagem, surgirá, tanto na subcategoria conhecimentos prévios, como na categoria construção dos argumentos.

É patente, nas respostas de alguns alunos, a dificuldade na utilização dos novos vocábulos que são introduzidos. Isto é evidenciado por exemplo no uso dos artigos: «uma colóide» ou «a glicerol»; ou na transcrição dos vocábulos para as respostas: «gliceroze» em vez de glicerol, «clorete de sódio» em vez de cloreto de sódio, «ebule-se» em vez de entra em ebulição, «decantilhação» em vez de decantação, «preção» em vez de pressão, «quantia» em vez de quantidade, etc.

Outra dificuldade comum, e que aparecerá em exemplos que serão apresentados ao longo da análise, traduz-se no uso dos símbolos das unidades de medida. Por um lado, é frequente a apresentação de valores de grandezas omitindo o símbolo das unidades. Por outro, quando os alunos indicam as unidades, têm muitas vezes dificuldade em escrever os símbolos do modo recomendado pelas convenções nacionais e internacionais (BIPM, 2006; Cruz & Valente de Oliveira, 2012). Alguns exemplos são: escrever o valor de uma grandeza sem espaço entre o valor numérico e o símbolo da unidade de medida¹; escrever o símbolo da unidade de temperatura Celsius com espaço

¹Este erro é muito frequente na expressão dos valores de temperatura Celsius. Por exemplo: 5° C em vez de 5 °C.

entre o símbolo de grau e o C; não usar adequadamente os diferentes prefixos associados aos submúltiplos de uma dada unidade; etc.

Analisa-se a seguir alguns exemplos de outras dificuldades relativas ao uso da linguagem científica, respeitando a ordem das tarefas.

Nos dados fornecidos com a tarefa 1, mencionava-se que «da queima do gás natural resultam menores emissões de óxidos de enxofre e de azoto». Na resposta a uma das questões, o aluno A01 escreve:

Os dados que apoiam a nossa ideia são...
~~a quantidade de azoto que está presente no gás de~~
~~cheiro como provoca nas erupções vulcânicas.~~
na queima do gás natural, liberta emissões de óxi-
do de enxofre e de azoto que provoca cheiro. Outro é

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A01)

Por um lado, para se referir às emissões de óxidos de enxofre e azoto, o aluno emprega o termo «liberta», que constitui uma repetição de «emissão». Por outro lado, não se apercebe que no texto fornecido o termo «óxidos» está no plural, caracterizando quer o termo «enxofre» quer «azoto». A formulação que apresenta é, portanto, ambígua, uma vez que admite a interpretação de que a combustão do gás natural produz azoto, e que o azoto tem cheiro. Salienta-se ainda a expressão que aplica para indicar a relação entre as substâncias gasosas e o cheiro: «provoca cheiro». Esta expressão frequente na linguagem comum, embora aceitável do ponto de vista do mecanismo fisiológico associado ao cheiro, dificulta entender o cheiro como uma propriedade de algumas substâncias. É por isso mais frequente em Química, tendo sido sempre escrito desse modo nos dados fornecidos aos alunos, indicar que uma substância «tem cheiro», em vez de «provoca cheiro».

Também na tarefa 1, verifica-se uma dificuldade relativa ao uso da palavra líquido. Concretamente, os alunos de um dos grupos, para indicar a diferença observada entre a água e o glicerol, escrevem:

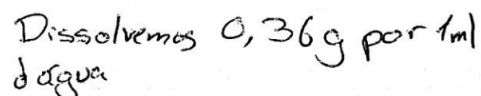
O material C é glicerol
porque é ~~mais~~ viscoso

O material D é água
porque é mais líquido do que o
material C.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A06)

Na caracterização da viscosidade do glicerol em vez de usar uma forma comparativa «é mais viscoso do que a água», tal como era apresentado no enunciado da tarefa, o aluno A06 e os seus colegas de grupo, usam o conceito no sentido absoluto: o glicerol «é viscoso». Ao descrever a situação da água surge a dificuldade de identificar a diferença observada em relação ao glicerol. Alguns grupos ultrapassaram esta dificuldade referindo que a água era «menos viscosa» do que o glicerol, dado que o conceito de viscosidade admite uma gradação que estava explícita nos dados. O aluno A06 não recorre à gradação do conceito de viscosidade e tenta encontrar um termo oposto para indicar a maior fluidez observada na água, quando comparada com o glicerol. Não encontrando um vocábulo adequado, atribui uma gradação ao conceito de «líquido», que é inadequada do ponto de vista científico. Nas notas de campo do professor refere-se que diversos alunos manifestaram durante a aula esta dificuldade, tendo sido referido «que o termo oposto a viscoso era fluido».

Na parte 2 da tarefa 1, para distinguir a sacarose do cloreto de sódio podia usar-se a diferente solubilidade em água destas duas substâncias. Alguns alunos, ao mencionarem o teste de dissolução, usam uma preposição inadequada.



Dissolvemos 0,36g por 1ml
de água

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A08)

Nos dados fornecidos, mencionava-se que à temperatura de 25 °C se conseguem dissolver 0,36 g de cloreto de sódio *por* cada mililitro de água. Induzidos por esta formulação, os alunos escrevem: «dissolvemos 0,36 g *por* 1 mL de água» em vez de «dissolvemos 0,36 g do soluto, *no* volume do solvente».

Na tarefa 2, no que diz respeito ao conceito de mistura, os alunos tinham estudado materiais que apresentam na sua constituição mais do que uma fase, e tinham abordado a diferença entre mistura heterogénea e mistura coloidal. A maioria dos alunos conhecia também os três estados físicos da matéria e sabia distingui-los. Quando lhes é pedido que expliquem o que acontece numa mistura coloidal constituída por duas fases, em estados físicos diferentes, têm dificuldade em expressá-lo de modo adequado. Para justificar que é falsa a

afirmação «o nevoeiro é constituído apenas por água no estado gasoso, mas com uma concentração muito elevada», o aluno A04 responde:

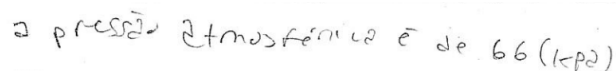


O nevoeiro está no estado líquido e gasoso
(mistura coloidal)

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A04)

O aluno reconhece os estados físicos que correspondem às duas fases que constituem o nevoeiro, mas usa uma expressão equívoca: «o nevoeiro está no estado líquido e gasoso», em vez da linguagem introduzida na aula, como por exemplo, o nevoeiro é constituído por duas fases, uma líquida e outra gasosa.

Relativamente ao uso de unidades de medida, na tarefa 3, alguns alunos tiveram dificuldade em usar uma unidade de pressão mencionada no enunciado. Na tarefa aparecia uma tabela com valores de pressão atmosférica em kilopascal (kPa), estando os alunos habituados a usar a unidade milibar (mbar). Alguns alunos, quando mencionavam os valores de pressão em kilopascal, apresentaram a unidade tal como aparecia na tabela, isto é, sem retirar os parêntesis.



a pressão atmosférica é de 66 (kPa)

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A05)

O facto de se ter usado uma unidade de medida que os alunos desconheciam não parece ter constituído uma dificuldade para chegar ao resultado pedido. Contudo, o desconhecimento da unidade de medida dificultou o seu uso na formulação das respostas. Nas notas de campo do professor refere-se que «vários alunos perguntaram o que significava o “kPa” que aparecia na tabela» e que

durante a discussão a maioria dos alunos, quando mencionava um valor de pressão, dizia “66 kpa”, em vez de “66 kilopascal”, embora tivesse sido explicado que se tratava de um submúltiplo da unidade de pressão do sistema internacional e que o nome correspondente era kilopascal.

(Notas de campo, tarefa 3)

Observou-se algumas vezes a dificuldade em identificar adequadamente a forma de apresentação dos dados. Na tarefa 3, por exemplo, ao pedir aos alunos para indicarem as evidências que justificam a resposta do par, alguns respondem:

os valores do gráfico

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A08)

Os dados eram apresentados em forma de tabela. O aluno, no entanto, não faz esta distinção, escrevendo «gráfico» em vez de «tabela».

Verificou-se que conceito de cálculo é usado, com alguma frequência, de forma imprópria. Na reflexão correspondente à tarefa 4, o aluno A13, ao indicar o que aprendeu, responde:

como calcular volumes e massas de diversos objetos.

(Documentos escritos, tarefa 4, aluno A13)

Neste caso, o conceito de cálculo é usado como sinónimo de determinação das grandezas. Na tarefa 4 era pedido para determinar a massa, o volume e a massa volúmica de três materiais. A massa era medida diretamente na balança, sem necessidade de nenhum tipo de cálculo. O volume e a massa volúmica exigiam um processo de cálculo para a sua determinação. Vários alunos, porém, referem-se à determinação da massa, do volume e da massa volúmica indistintamente, como se nos três casos se tratasse de um processo de cálculo, não distinguindo entre o processo usado na determinação da massa, dos usados na determinação do volume e da massa volúmica.

Na primeira parte da tarefa 5, os alunos tinham de propor uma sequência para separar os três materiais presentes numa mistura e indicar o modo de realizar a separação. No caso da separação da mistura de cloreto de sódio com areia pedia-se aos alunos para explicar como fariam a separação. A resposta dos alunos de um dos grupos foi:

fazendo a concentração mássica

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A09)

Este aluno indicou uma característica da solução, «a concentração mássica», onde deveria ter indicado o processo pelo qual a solução é obtida, «uma dissolução». O verbo usado, «fazendo», mostra que reconhece a necessidade de realizar uma ação para conseguir separar o cloreto de sódio da areia. A referência à «concentração mássica», sugere que o resultado dessa ação será uma solução. O aluno não usa, todavia, uma expressão adequada, nem indica quais o solvente e o soluto.

Conhecimentos prévios

Nesta fase introdutória da disciplina, dado que é o primeiro ano em que os alunos estudam Física e Química, é necessário recorrer com muita frequência a conceitos e vivências que os alunos possuem quer da vida corrente, quer de outras áreas disciplinares. Os alunos trazem então para a aula as suas próprias estruturas de pensamento e interpretação dos fenómenos que será necessário conciliar com os modelos vigentes na comunidade científica. Muitas vezes a interpretação e o uso corrente de alguns vocábulos apresenta pontos de conflito com o uso e a interpretação científica dos mesmos. Incluem-se nesta subcategoria os conflitos tanto com conhecimentos provenientes do ensino formal como do ensino não formal, porque muitas vezes não é possível identificar a sua origem. Nesta secção são analisados alguns exemplos deste tipo de dificuldades.

As respostas dos alunos mostram que o contexto em que é estruturada a tarefa pode induzir o uso de linguagem corrente ou o uso de linguagem científica, constituindo uma dificuldade. Na primeira parte da tarefa 1, por exemplo, para iniciar o estudo das propriedades dos materiais, foi discutido se o gás natural tinha ou não cheiro. A tarefa foi introduzida apresentando uma discussão fictícia entre dois irmãos, na cozinha da sua casa. Um dos irmãos defendia que o gás natural tinha cheiro, e o outro dizia que não, afirmando que «os hidrocarbonetos não têm cheiro». Pedia-se aos alunos para indicar se o gás natural tinha ou não cheiro, fundamentando-se nos dados fornecidos junto com o enunciado da tarefa. Dado que o contexto em que foi colocada a questão era um contexto doméstico, um par de alunos argumentou a partir dessa perspetiva, mostrando preferência pelo uso do senso comum. Um dos

alunos que pertencia a esse par afirma que o gás natural tem cheiro. Quando é pedido que indiquem os argumentos que contrariam a sua ideia indica adequadamente que:

Os argumentos que contrariam a nossa ideia são...

~~me lembro~~
O gás natural sem nada adicionado
é inodoro.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A03)

O aluno reconhece que para poder ser detetado pelo cheiro, é necessário adicionar uma substância, que tem cheiro, ao gás natural. Essa substância era mencionada nos dados fornecidos. Na questão em que se pede para indicarem como convenceriam alguém que dissesse que o gás natural não tem cheiro, este mesmo aluno responde:

Nós tentaríamos convencer alguém com uma opinião contrária à nossa dizendo que...

~~já~~ já me aconteceu e não é giro
como é que se sentia uma fuga de gás se esta não tem cheiro.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A03)

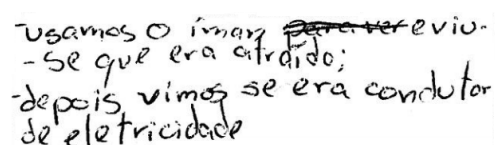
O aluno usa o senso comum na formulação do seu argumento, remetendo para uma experiência pessoal, «já me aconteceu», e sublinhando o impacto com uma expressão coloquial, «não é giro». Na expressão que acrescenta no final, deixa implícita a noção da importância do gás natural ter cheiro para ser detetado: «como é que se sentia uma fuga de gás se esta não tem cheiro». Não faz nenhuma, contudo, referência aos dados científicos fornecidos.

Na parte 2 da tarefa 1, surgiu uma dificuldade relacionada com os conhecimentos prévios sobre eletricidade. Nos dados fornecidos referia-se que o alumínio e o ferro eram «condutores elétricos». O conceito ainda não tinha sido abordado na disciplina, mas era conhecido pelos alunos. Na questão na qual se pede para indicar os testes que fizeram para identificar os materiais A e B, os alunos de um dos grupos respondem:

Utilizamos o ímã e a carga elétrica.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A05)

Optam por usar uma expressão que conheciam, mas que não foi referida em aula, «carga elétrica», em vez da que se indicava nos dados fornecidos, o ferro e o alumínio «são condutores elétricos». Ao empregar o verbo «utilizar» para formular a sua resposta, não podem aplicar a expressão «condutor elétrico». Optam, então, por uma expressão alternativa, «carga elétrica», que não era adequada à situação. A expressão adequada seria condutividade elétrica, que os alunos dispunham no manual, mas que ainda não tinha sido abordada em aula. Outros alunos ultrapassaram esta dificuldade empregando o verbo «ver»:



Usamos o íman para ver e viu -
- se que era atraído;
depois vimos se era condutor
de electricidade

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A08)

No caso da substância A, indicam que usaram o íman e viram que a substância era atraída. No que diz respeito à condutibilidade elétrica, não dizem «o que usaram». Apenas referem que viram «se era condutor de electricidade».

Nesta mesma parte da tarefa 1, os alunos de um dos grupos manifestaram dificuldade em distinguir os conceitos de dissolução e diluição, que tinham sido abordados previamente. Os alunos aprenderam a realizar diluições, sabendo que, nesta situação, se aumenta a quantidade do solvente, para se obter uma solução com menor concentração do soluto. Numa das questões desta tarefa, o aluno de um dos grupos propõe, para identificar as substâncias E e F (sacarose e cloreto de sódio):



Diluir em 1ml de água

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A15)

Ao registar o que observa escreve:

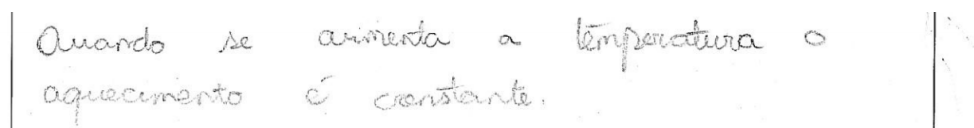


Não se diluiu em 1ml de
água.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A15)

Os alunos realizaram a dissolução das substâncias em água, mas ao registrar, quer o processo quer as observações, não usam o termo adequado. O termo diluição é aplicado, quando se tem uma solução e se pretende reduzir a sua concentração. A dissolução é o processo usado para obter uma solução, quando se tem o soluto e o solvente separados. O aluno não compreendeu esta distinção, escrevendo «diluir» onde devia ter escrito «dissolver».

As tarefas de argumentação implicam a mobilização de muitos recursos cognitivos, fazendo surgir, com naturalidade, os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos envolvidos nas questões que lhes são colocadas. Apresenta-se um exemplo, da tarefa 3, relativo à dificuldade associada à compreensão dos conceitos de temperatura e aquecimento, intimamente relacionados com as transformações físicas e os pontos de fusão e ebulição. Na questão em que são pedidas evidências, para apoiar a opção relativa ao gráfico que melhor representa a evolução da temperatura da água ao ser submetida a um aquecimento constante, o aluno A09 responde:



(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A09)

O aluno reconhece o aumento da temperatura, ao longo do tempo, que se observa no gráfico fornecido, mas não identifica adequadamente que esse aumento se deve ao aquecimento. A formulação que apresenta, revela a dificuldade em expressar que o aumento da temperatura é consequência da quantidade de calor recebida pelo material, na ausência de outras transformações físicas ou químicas.

Um aspeto, intimamente relacionado com o anterior e que manifesta os conflitos existentes entre o vocabulário introduzido em aula e os conhecimentos prévios dos alunos, é a compreensão ainda pouco aprofundada dos conceitos científicos. Como exemplo disto, mostra-se um exemplo, também da tarefa 3. Os alunos têm um conhecimento experiencial e sabem distinguir um sólido de um líquido. Possuem também algumas ideias sobre o que é um gás. Quando estudam com maior detalhe a forma como os estados físicos dependem da temperatura e da pressão, ou as diferentes propriedades que têm os materiais, dão-se conta de aspetos que antes não associavam aos estados

físicos ou aos materiais. A resposta do aluno A17, à reflexão sobre as aprendizagens realizadas na tarefa, mostra a perceção da crescente complexidade com que são abordados estes fenómenos.

Aprendi uma forma complexa da definição dos estados físicos da matéria.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A17)

O aluno refere que aprendeu «uma forma complexa da definição dos estados físicos da matéria», o que traduz a maior profundidade dos conceitos aprendidos em aula em comparação com o que conhecia antes. Durante a aula, não foi dada uma definição formal de cada um dos estados físicos. Na parte 1 da tarefa foi fornecida aos alunos uma tabela mostrando os pontos de fusão e ebulição da água para valores de pressão entre 2,3 e 100 kPa. Na parte 2, analisou-se como aumenta a temperatura da água, quando é submetida a aquecimento desde -5°C até 110°C à pressão atmosférica normal. Na questão seguinte da reflexão individual, o aluno A17 concretiza que teve dificuldade «em perceber as transformações desses estados físicos da água».

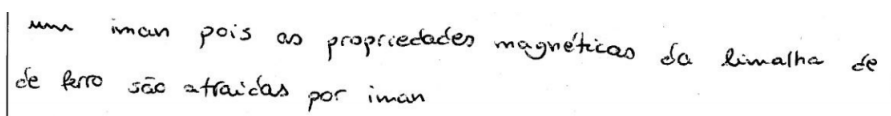
As dificuldades que tive foi em perceber as transformações desses estados físicos da água.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A17)

As respostas apresentadas na tarefa, mostram que o aluno sabia que a água a temperaturas inferiores 0°C estava no estado sólido e que entrava em ebulição aos 100°C . Tem, no entanto, dificuldade em compreender a relação entre o ponto de ebulição e a pressão, bem como a variação da temperatura da água com o aquecimento. Ver-se-á este aspeto com maior detalhe quando se analisarem as dificuldades relacionadas com a construção dos argumentos.

Na tarefa 5, referia-se que a limalha de ferro era atraída por um íman e acrescentava-se que este fenómeno correspondia às «propriedades magnéticas» do ferro. Os conceitos de «magnetismo» ou «pólo magnético» eram conhecidos previamente por alguns alunos e tinham sido abordados na tarefa 1. Nesta tarefa pedia-se aos alunos para explicar como realizariam a

separação da limalha de ferro presente na mistura. O aluno A07 indica que usaria:

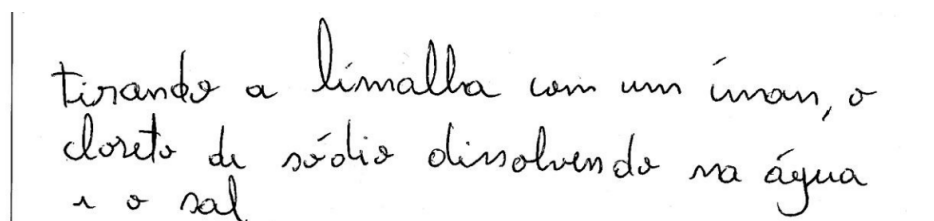


um íman pois as propriedades magnéticas da limalha de ferro são atraídas por íman

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A07)

A questão não pedia para justificar as opções do grupo, mas o aluno fá-lo. Na justificação associa as propriedades magnéticas a algo presente na limalha de ferro e que atrai a limalha de ferro para o íman. Na afirmação do aluno, revela-se a noção de que são as propriedades magnéticas, e não a limalha de ferro, que são atraídas pelo íman. A formulação apresentada é preferida à introduzida em aula, e manifesta concepções prévias que são de grande utilidade para a definição das estratégias de aprendizagem.

As concepções dos alunos podem constituir uma dificuldade também durante as discussões. Na tarefa 5, um dos três materiais que se pretendia separar da mistura inicial era o cloreto de sódio. As notas de campo do professor referem que «no grupo 5 um dos alunos sabia que o cloreto de sódio é a substância que se denomina vulgarmente por sal de cozinha, pelo que nas discussões com os colegas se referia ao cloreto de sódio como sal». Na resposta à questão sobre os resultados da separação dos três materiais, um dos elementos do grupo 5 não parece ter entendido que o material ao qual o colega chamava sal era o cloreto de sódio.



tirando a limalha com um íman, o cloreto de sódio dissolvendo na água e o sal

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A11)

A resposta sugere que o aluno verificou que a limalha foi separada usando o íman e que o cloreto de sódio se separou por dissolução em água. Menciona, no final da resposta, o sal em vez da areia, manifestando desconhecer que o cloreto de sódio e o sal referido pelo colega eram a mesma substância.

As dificuldades na linguagem não foram mencionadas nas reflexões escritas efetuadas após cada tarefa. Na entrevista, contudo, foram explicitadas

situações em que este tipo de dificuldades surgiu. Transcreve-se como exemplo uma afirmação do aluno A01.

A01: No caso das transformações, por acaso para mim foi difícil encontrar as palavras certas para explicar as transformações. Quando nós puxávamos a limalha de ferro, não conseguia encontrar a palavra para explicar...

(Entrevista)

Neste excerto da entrevista o aluno, ao mencionar «transformação», está a referir-se aos processos de separação usados na tarefa 5. Manifesta que tem dificuldade em «encontrar a palavra para explicar» aquilo que observa. Na categoria construção dos argumentos, serão analisados alguns exemplos desta dificuldades.

5.1.2 Construção dos argumentos

No que diz respeito à construção dos argumentos, foram encontradas três subcategorias: apresentação de evidências, justificação e apresentação de contra-argumentos. Na primeira das subcategorias analisam-se exemplos de dificuldades em apresentar evidências relacionadas com o fenómeno em estudo ou em reconhecer a sua relevância ou suficiência. Na segunda subcategoria analisam-se as dificuldades em formular a justificação, isto é, em estabelecer relações adequadas entre as evidências e a conclusão, quer as evidências estejam explícitas quer implícitas. Na terceira subcategoria, descrever-se-á a dificuldade em formular ou apresentar contra-argumentos adequados.

Apresentação de evidências

Na formulação de argumentos, um dos primeiros passos é a identificação e seleção de evidências relevantes. Uma das dificuldades sentidas pelos alunos neste domínio é a avaliação adequada da relevância das evidências. Outras são a dificuldade em identificar o que é que pode constituir uma evidência adequada e avaliar se as evidências apresentadas são suficientes. Nesta subcategoria, apresentam-se exemplos de situações em que os alunos tiveram

dificuldade em apresentar evidências adequadas, suficientes, ou relevantes para apoiar a sua conclusão.

O facto de, algumas vezes, os dados fornecidos mencionarem conceitos que não tinham sido objeto de ensino formal constituiu uma dificuldade na avaliação da relevância das evidências. Na tarefa 1, por exemplo, indicava-se que o «gás natural é uma fonte de energia de origem natural» e acrescentava-se também que «é um gás inodoro». Nem a energia, nem o mecanismo através do qual é possível cheirar uma substância foram alvo de um estudo aprofundado no contexto do ensino formal. Quando se solicitam os dados que apoiam a ideia apresentada pelo par, um dos alunos, que defendia que o gás *não* tinha cheiro formula, a seguinte resposta:

Os dados que apoiam a nossa ideia são... o gás é inodoro e serve como meio de energia

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A07)

O aluno refere que o gás natural é inodoro, o que é adequado, e acrescenta que «serve como meio de energia». O facto do gás servir como fonte de energia mostra o interesse do gás natural. Este dado, porém, não tem relevância para a resolução da questão do cheiro.

Este mesmo aluno, na parte da tarefa em que era pedido para indicar como tentariam convencer alguém que tivesse uma opinião contrária, mostra ter reconhecido os dados relevantes da questão, pois responde que:

O gás só tem cheiro depois de passar pela fábrica e a partir daí já tem cheiro pois adicionaram um gás (THT) por questão de segurança

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A07)

O aluno identifica adequadamente que o gás natural só tem cheiro depois da adição do THT, no entanto, a expressão «depois de passar pela fábrica» deixa a dúvida se o aluno entendeu o que se passou na fábrica. Terá o cheiro resultado de uma transformação química, no gás, provocada pela adição do THT? Ou será simplesmente o cheiro resultado do THT, que foi adicionado? O aluno identificou uma evidência relevante, mas, pelo modo como formula a

resposta, revela concepções prévias que poderão merecer uma atenção especial do professor.

No âmbito da manipulação de materiais observou-se a dificuldade em registar adequadamente as evidências relacionadas com os processos executados. Na tarefa 1, um dos processos para distinguir a sacarose do cloreto de sódio envolvia o aquecimento das substâncias. Nos dados da tarefa indicava-se que o ponto de fusão do cloreto de sódio «à pressão atmosférica normal, (...) é 801 °C» e que a sacarose se decompõe «a uma temperatura superior a 180 °C». No que diz respeito à substância E (sacarose), o aluno A15 responde:

Fundiu a cerca de 180°C

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A15)

O aluno observa que parte da substância aquecida se funde, e deduz que isso acontece a 180 °C, tal como se indica nos dados fornecidos. Um outro aluno, também na tarefa 1, aponta relativamente às substâncias aquecidas, neste caso glicerol (substância C) e água (substância D), que:

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material C: <i>Não começou a A 100°C não ferveu</i>	Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material D: <i>A 100°C começa a ferver</i>
---	---

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A01)

Nesta tarefa, os alunos não usaram termómetros para medir a temperatura, pelo que não era legítimo fazer as afirmações referidas. Em ambos os casos, os alunos fazem uma inferência lógica e que corresponde aos dados fornecidos, mas da qual não têm uma evidência direta. Há uma dificuldade clara, que se manifesta em diferentes ocasiões, em distinguir evidências observadas diretamente das que são conhecidas apenas de modo indireto. Assim, a afirmação do aluno A15, «fundiu a cerca de 180 °C» corresponde ao facto de terem presenciado a fusão do material e suporem que ocorreu a 180 °C. Algo semelhante se poderia dizer acerca das afirmações do aluno A01 sobre a ebulição. Quando este aluno refere que a substância C «a 100 °C não ferveu», significa que não se observou a sua ebulição durante todo o tempo em que

foi sujeita ao aquecimento. Analogamente, a afirmação «a 100 °C começou a ferver» resulta de supor que: a substância D era água porque entrou em ebulição antes da C, que tinha um ponto de ebulição mais alto; e que a pressão atmosférica no laboratório era próxima da pressão atmosférica normal, pelo que, se entrou a água em ebulição, devia estar a 100 °C.

Na tarefa 1, ao aquecer quer a água quer o glicerol, nas notas de campo do professor refere-se que

Alguns alunos observaram a formação de um “fumo branco” que saía dos gobelés, durante o aquecimento, e que se dissipava no ar. Tanto no caso do glicerol como da água, identificaram esse “fumo” como sendo o vapor resultante da evaporação das substâncias. Nenhum aluno associou a diminuição do volume de líquido no gobelé à evaporação. Alguns alunos apontaram a formação de gotículas de líquido nas paredes do gobelé durante o aquecimento, como evidência da condensação do líquido evaporado. No caso do glicerol nenhum aluno levantou a dúvida se o condensado se tratava realmente de glicerol.

(Notas de campo, tarefa 1)

Na questão relativa ao resultado dos testes efetuados para distinguir a água do glicerol, o aluno A07 respondeu:

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material C: É mais viscoso, quando se aquece evapora mais	Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material D: É menos viscoso, quando se aquece torna-se menos viscoso
---	---

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A07)

Tendo em conta as notas do professor, o que os alunos pretendem indicar quando escrevem «evaporou» ou «evapora», é a observação do aerosol resultante da condensação da água evaporada durante o aquecimento, ou noutros casos a condensação de líquido nas paredes do recipiente. No caso do glicerol é muito pouco provável que os alunos tenham observado a sua evaporação, uma vez que esta só é significativa a temperaturas superiores a 200 °C (Haynes, 2016), que não conseguiriam atingir com a placa de aquecimento usada no laboratório. É, porém, muito difícil que os alunos se deem conta deste

facto, porque desconhecem a dependência da pressão de vapor do glicerol com a temperatura e porque supunham que esta substância fosse pura, como tinha sido indicado. As notas de campo do professor citadas acima, deixam entrever que o glicerol deveria conter uma percentagem não desprezável de água e contraria as indicações dadas na tarefa. Relativamente à viscosidade do líquido D (água), o aluno faz uma afirmação, que embora corresponda à realidade, não era possível observar no laboratório a olho nu: «quando se aquece torna-se menos viscoso». Logo a afirmação não pode corresponder a uma evidência observada. A diminuição da viscosidade com o aquecimento era sim, observável no caso do líquido C, mas o aluno não a regista. As notas de campo do professor podem dar pistas para tentar perceber a forma como os alunos chegaram a esta resposta.

Nos grupos de quatro, no laboratório, nem sempre todos os elementos do grupo conseguiam realizar as observações. Para fazerem os seus registos perguntavam aos colegas que o tinham feito. Algumas vezes as observações eram feitas apenas por um dos elementos do grupo, sem serem confirmadas por nenhum outro, o que podia levar a erros que passavam inadvertidos. Alguns trocavam impressões com os colegas de outros grupos para confrontar resultados. Como, no final, nem sempre havia tempo para os alunos compararem os seus registos, nalguns casos os registos dentro do mesmo grupo não eram coerentes.

(Notas de campo, tarefa 1)

No caso dos alunos deste grupo, há coerência entre as respostas de todos os elementos do grupo. Assim, a afirmação «quando se aquece torna-se menos viscoso» pode corresponder a um erro do aluno que fez a observação e não ter sido confirmada pelos restantes, ou a informação ter sido obtida de outro grupo e compreendida de forma incorreta.

Alguns alunos têm dificuldade em distinguir as evidências que apoiam uma dada afirmação, da própria afirmação. Na parte 2 da tarefa 2, por exemplo, um dos alunos, para justificar que a afirmação (A)² não é adequada para explicar o comportamento da água que observaram no vídeo, responde.

²«Na estação espacial, a água ao sair do recipiente não escorre porque não está no estado líquido. Qualquer líquido fora de um recipiente escorre.»

Estamos convencidos que a opção A não é adequada porque...

Porque água está no estado líquido

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A04)

O aluno limita-se a fazer uma afirmação contrária a (A), sem apresentar nenhuma evidência que a apoie. Um aluno de outro par dá uma resposta mais descritiva, mas igualmente sem apresentar evidências:

Estamos convencidos que a opção A não é adequada porque...

aquela gota está no estado líquido

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A06)

Neste caso o aluno não se refere a uma gota qualquer, mas *àquela* que viu no vídeo. Pode-se considerar implícita na resposta do aluno que uma pessoa que veja o vídeo, poderá verificar que «aquela gota está no estado líquido». O aluno não conseguiu reconhecer, no entanto, que a sua formulação é insuficiente do ponto de vista científico.

Na parte 1 da tarefa 3, uma das questões pedia *explicitamente* que os alunos indicassem as evidências que apoiavam as suas ideias. Um dos alunos responde:

as tabelas com os dados recolhidos pelo Páblo e as evidências explicadas na resposta.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A10)

O aluno remete para as fontes onde encontrou as evidências pedidas, sem as identificar claramente. Analisando o argumento construído pelo aluno, verifica-se que em parte foi elaborado com os dados de uma das tabelas fornecidas:

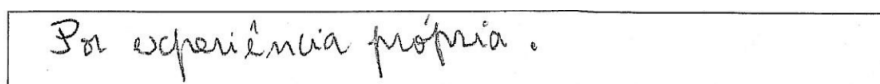
quando maior é a altitude menor é a pressão e a velocidade menor é a temperatura ambiente e assim mais rápido uma substância chega a ebulição

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A10)

O aluno identificou adequadamente parte das evidências: «quanto maior é a altitude menor é a pressão». Outra parte, contudo, resulta de conceitos

prévios: «quanto maior é a altitude . . . menor a temperatura ambiente» e quanto menor a temperatura ambiente «mais rápido uma substância chega a ebulição». Nenhuma destas ideias prévias está fundamentada em evidências presentes na tarefa ou no manual.

Nesta mesma tarefa, numa questão posterior, é pedido aos alunos para fazerem uma previsão do que acontece quando se puxa o êmbolo de uma seringa com água e também para apresentar argumentos a favor das suas previsões. As evidências não eram pedidas explicitamente, embora um argumento científico as exija. Alguns alunos para justificar a sua previsão respondem:

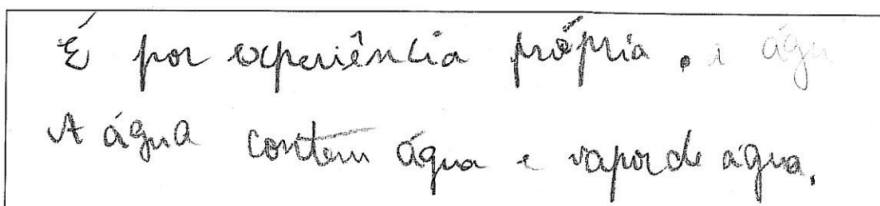


Por experiência própria.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A02)

O aluno remete para a sua experiência pessoal, sem explicitar nenhuma evidência. O aluno tem dificuldade em reconhecer que ao remeter para a sua experiência pessoal tem sempre de explicitar as evidências.

Depois de executar a experiência com a seringa, é pedido aos alunos para proporem uma explicação para o que observaram e apresentarem argumentos que apoiem essa explicação. O aluno A02 nesta parte da tarefa volta a apresentar a experiência própria como argumento a favor da sua explicação. Desta vez, no entanto, acrescenta mais um dado:



É por experiência própria, a água.
A água contém água e vapor de água.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A02)

O dado que acrescenta é que «a água contém água e vapor de água». Neste caso, a afirmação que faz é relevante e está relacionada com a explicação, mostrando que o aluno compreendeu que dentro da seringa há apenas água. A expressão, porém, revela concepções inadequadas, uma vez que dá a entender que a «água» e o «vapor de água» são entidades diferentes, estando ambas presentes na constituição da substância.

Na tarefa 4 era pedido aos alunos para determinar a massa volúmica de

três materiais de plástico. Com os resultados obtidos, pedia-se para identificar o tipo de plástico de que eram feitos. Na tarefa fornecia-se uma tabela com os valores típicos da massa volúmica de sete tipos de plásticos diferentes. Depois de apresentar as conclusões sobre o tipo de plástico que constitui cada um dos materiais, o aluno de um dos grupos, como argumento para apoiar a sua resposta, indica:

Os valores de massa volúmica e símbolo dos plásticos.

(Documentos escritos, tarefa 4, aluno A14)

Os valores da massa volúmica são, sem dúvida, evidências. Contudo, o aluno apenas refere «os valores da massa volúmica» sem especificar que são os valores calculados e os da tabela fornecida. Para estabelecer uma correspondência entre os materiais manipulados no laboratório e o tipo de plástico que os constitui, era necessário confrontar os valores calculados e com os indicados na tabela. Os resultados que apresenta levam a julgar que o aluno estabeleceu esta correspondência de forma adequada. A par da massa volúmica, o aluno aponta também os símbolos dos plásticos, que não constitui uma evidência uma vez que os materiais não estavam marcados com nenhum símbolo.

Nesta tarefa surgem ainda exemplos de dificuldades no registo dos processos realizados. Na primeira questão pedia-se para descrever com detalhe o procedimento usado para medir os volumes de cada um dos três materiais. O aluno de um dos grupos elabora a seguinte resposta:

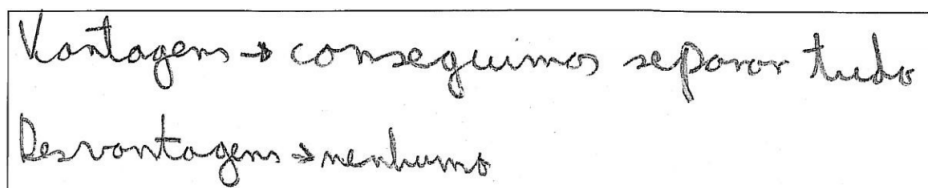
Material A = $10 \times a$
Material B = l^3
Material C = $20 \text{ ml} + \text{massa}$ e depois subtrai-se 20 ml

(Documentos escritos, tarefa 4, aluno A14)

O aluno apresenta as expressões usadas para calcular o volume de cada um dos materiais, mas não acrescenta nenhuma indicação sobre o significado das variáveis. Nas notas de campo do professor regista-se esta dificuldade: «os alunos têm dificuldade em perceber qual a informação que devem incluir nos seus argumentos para serem percebidas pelo leitor». Na determinação do volume do material C o aluno refere que é igual a «20 mL + massa», o que

significa que introduziu 20 mL de água na proveta, mergulhou o material na água e mediu o volume final. Para obter o volume do material C, «subtrai-se 20 mL» ao volume medido depois de o introduzir na proveta com água.

Na tarefa 5, depois de efetuada a separação dos materiais da mistura discutiram-se os resultados da separação. Nas notas de campo do professor refere-se que durante a discussão em turma ficou patente «que nenhum dos grupos conseguiu obter, depois da separação, a mesma massa de cada um dos materiais que existiam inicialmente na mistura». Refere-se também que «surgiram algumas hipóteses para explicar esta situação». Nas respostas escritas dos alunos, porém, encontram-se muito poucas referências a esta discussão. Os alunos de um dos grupos, quando se pede que apresentem argumentos para mostrar as desvantagens de alterar o processo de separação, referem que não há «nenhuma».

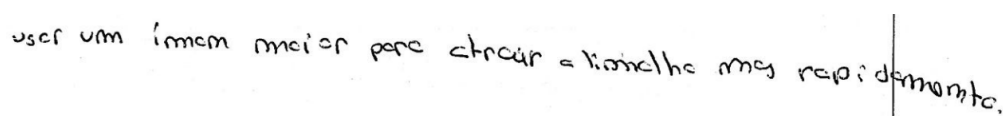


Vantagens → conseguimos separar tudo
Desvantagens → nenhuma

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A18)

Este aluno fixa-se somente no facto de se ter conseguido fazer a separação dos materiais, sem dar importância ao facto de se ter perdido parte dos materiais no processo. Este exemplo mostra a dificuldade em avaliar a relevância das evidências observadas.

Relativamente à separação da limalha de ferro os alunos de um dos grupos sugerem uma hipótese de alteração do procedimento.



usar um ímã maior para atrair a limalha mais rapidamente.

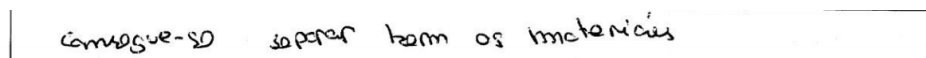
(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A14)

O aluno sugere que um ímã maior poderia «atrair a limalha mais rapidamente». Na proposta que faz, está implícita a evidência de que o processo usado não foi rápido, o que mostraria um ponto fraco do processo. De acordo com as notas de campo do professor, no laboratório:

a maioria dos grupos notou que no processo de separação da limalha de ferro, ficavam alguns grãos de areia e cloreto de sódio misturados na limalha. Vários descobriram que repetindo o processo se conseguia melhorar a separação e gastaram algum tempo a fazê-lo.

(Notas de campo, tarefa 5)

Este grupo, contudo, na questão anterior afirma que, se voltassem a repetir a experiência, a fariam do mesmo modo e na mesma sequência. Na questão seguinte em que se pedem argumentos a favor ou contra as alterações propostas, responde:



consegue-se separar bem os materiais

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A14)

O aluno afirma que se consegue «separar bem os materiais», o que apoia a não alteração do procedimento. Não faz nenhuma referência à alteração que propôs antes, nem à discrepância entre a massa de limalha de ferro obtida (11,60 g) e a existente inicialmente na mistura (15,0 g).

A dificuldade em identificar evidências relevantes, manifestou-se também no facto de nenhum aluno ter registado que a areia ficou molhada após a decantação. Alguns, no entanto, assinalaram a presença de resíduos de cloreto de sódio depois de seca. Nas notas de campo do professor é referido que

alguns grupos notaram que depois de secar a areia, apareceram resíduos de cloreto de sódio. Quando questionados sobre a origem do cloreto de sódio, associaram ao que tinha ficado dissolvido na água e que voltou ao estado sólido quando a água evaporou. . . . Outros grupos mediram a massa da areia, antes de secar, dando por terminada a separação deste material.

(Notas de campo, tarefa 5)

Verifica-se, assim, que os alunos algumas vezes identificam evidências relevantes, mas não reconhecem a importância de as registar nos argumentos elaborados por escrito.

Justificação

Depois de ter analisado algumas dificuldades na apresentação de evidências, analisam-se as dificuldades associadas à formulação da justificação. Em muitos casos, os alunos não chegam a formular uma justificação por não serem capazes de identificar as evidências. Noutros apontam evidências, algumas implícitas, mas têm dificuldade em relacioná-las de modo lógico com as ideias que defendem.

Nos dados fornecidos com a tarefa 1, por exemplo, referia-se que «comparativamente com outros combustíveis fósseis, da queima do gás natural resultam menores emissões de óxidos de enxofre e de azoto» e que

Existem no mercado sistemas eficazes para deteção de gás metano (sensores) Estes sensores asseguram a deteção de metano, no ar, logo que a sua concentração aumente acima do normal O gás natural, por ter baixa densidade relativa, isto é, ao ser mais «leve» do que o ar, tende a dissipar-se rapidamente na atmosfera em caso de uma eventual fuga.

(Dados fornecidos, tarefa 1)

Um dos alunos, que defendia a ideia que o gás natural tem cheiro, tenta relacionar estas informações com outras que já conhece, formula a seguinte resposta com dados que apoiam a sua opção.

Os dados que apoiam a nossa ideia são...

~~a quantidade de azoto que está presente no gás de~~
~~deira como provoca nas erupções vulcânicas.~~
na queima de gás natural, liberta emissões de óxi-
do de enxofre e de azoto que provoca deires. Outro é
os sensores que conseguem detectar as emissões de gás
metano, o gás principal predominante que se usa para
deira ao nível humano. As empresas de distribuição
de gás odorizam o gás C_2H_6 antes de distribuição.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A01)

No ponto seguinte apresenta justificações para relacionar os dados, com a sua ideia sobre o cheiro do gás.

Os dados referidos apoiam a nossa ideia porque...
 também nos escapes vulcânicos liberta energia que provoca
 o deixo a aos poderes que pode-se encontrar também
 na queima de gás. As máquinas também conseguem detetar
 fugas de gás e na libertação de gás, em grandes quan-
 tidades, pode-se deixar a emissão de gás natural no
 ar.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A01)

Por um lado, relativamente aos dados que apoiam a ideia, o aluno apresenta várias evidências que têm alguma relação com a questão em estudo, mas mostra dificuldade em reconhecer a diferente relevância de cada uma. Por outro lado, nota-se dificuldade em compreender os conceitos mencionados, o que necessariamente se repercute no modo de formular a justificação. O aluno reconhece adequadamente que o gás natural é uma mistura, cujo componente principal é o metano. Apresenta a favor da sua ideia, o facto de existirem sensores capazes de detetar o metano, explicando que isso significa que «dá para cheirar ao nariz humano». O aluno tem dificuldade em entender que o mecanismo associado aos sensores é diferente do mecanismo associado ao sentido olfativo, confundindo ambos. Na justificação dá a entender que a vantagem dos sensores em relação ao nariz humano é a sensibilidade: «as máquinas também conseguem detetar fugas de gás», mas se a quantidade de gás libertado for elevada «pode-se cheirar a emissão de gás natural no ar». Por último, embora apresente o principal dado a favor da sua ideia, «as empresas de distribuição de gás odorizam o gás antes da distribuição», não estabelece nenhuma relação entre este dado e a conclusão apresentada.

Na tarefa 1, mas agora na questão relativa aos testes que permitiam distinguir a sacarose do cloreto de sódio, o aluno A02 responde:

Por isso, a nossa conclusão é... que descobrimos que a sacarose
 ficou dissolvida em 2g por cada ml.
 Descobrimos que o cloreto de sódio tem forma cristais
 de cor branca.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A02)

O aluno conclui adequadamente que a sacarose é a substância que tem solubilidade em água de 2 g/cm^3 . A conclusão, contudo, deveria ser que a substância E é a sacarose. O aluno tinha apresentado esta conclusão na

questão anterior, pelo que, o que escreve aqui é, de facto, uma justificação. No que diz respeito ao cloreto de sódio, aponta uma característica que é comum à sacarose e que portanto não permite distinguir as duas substâncias. Se pretendesse formular uma justificação, o aluno deveria ter indicado que o cloreto de sódio era a substância F, porque tinha o mesmo aspeto da sacarose, mas não se conseguem dissolver totalmente 2 g da substância F em 1 cm³ de água.

Na tarefa 2 para justificar que a afirmação (II)³ é falsa, o aluno A14 apresenta a seguinte resposta:

O nevoeiro são nuvens, e as nuvens são constituída por gotículas de água

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A14)

O aluno não usa nenhuma das evidências fornecidas na tarefa e opta por recorrer aos seus conhecimentos prévios. Recorre a uma afirmação para a qual não apresenta evidências, talvez por julgar que é aceite universalmente: «o nevoeiro são nuvens». A evidência é adequada para justificar a falsidade da afirmação, no entanto, não manifesta de modo claro a relação com a afirmação (II). Para ser completa, deveria explicitar a relação com a afirmação que pretende refutar: se o nevoeiro, tal como as nuvens, é constituído por gotículas de água, então não é só água no estado gasoso como se refere na afirmação (II). Este exemplo mostra que os alunos têm dificuldade em identificar qual o grau de detalhe que devem ter as suas justificações.

Um outro aluno, na parte 2 da tarefa 2, para justificar que a afirmação (B)⁴ não é adequada para explicar ao comportamento da água na estação espacial, responde:

a viscosidade de um corpo não aumenta conforme o lugar altera (altitude)

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A09)

Por um lado, aluno faz uma afirmação que mostra que a afirmação (B) não é

³(II) O nevoeiro é constituído apenas por água no estado gasoso, mas com uma concentração muito elevada.

⁴(B) Porque, na estação espacial, a água se comporta como um fluido viscoso.

adequada, mas não apresenta nenhuma evidência que a apoie. Por outro, a afirmação é ambígua porque admite a interpretação que a viscosidade poderia diminuir com a altitude. Tal como no caso anterior, a relação com a expressão que pretende refutar não é explícita.

Na tarefa 3, é pedido aos alunos para explicarem por que razão em La Paz o ponto de ebulição da água é 88°C . O aluno A13 responde:

que a altitude é alta, a pressão é de 66 kPa, o ponto de fusão é $0,0^{\circ}\text{C}$,
o ponto de ebulição é de 88°C

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A13)

O aluno identifica adequadamente o valor das grandezas correspondentes à altitude de La Paz, mas não consegue explicitar a relação de dependência entre as variáveis, pressão, ponto de fusão e ponto de ebulição. Na sua formulação, acrescenta o valor do ponto de fusão, que é irrelevante para justificar a questão. Consegue identificar a correlação entre as grandezas, mas parece faltar-lhe um modelo explicativo para esta correlação. Na questão seguinte, pede-se para apresentar evidências que apoiem a explicação formulada. A resposta elaborada volta a mostrar a dificuldade em encontrar uma justificação adequada para as suas ideias.

Quando maior a altitude, menor é o ponto de ebulição.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A13)

O aluno faz uma generalização coerente com os dados fornecidos, mas omite a relação da pressão com as duas grandezas mencionadas, que é essencial para justificar a resposta à questão inicial. Uma dificuldade análoga é observada na explicação de outro aluno:

que atinge o ponto de ebulição aos 88°C devido à altitude de 3640 m
e à pressão de 66 kPa.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A17)

Tal como no caso anterior, o aluno não explicita a relação de dependência entre as grandezas. As justificações são insuficientes, pois admitem a interpretação que tanto a pressão como o ponto de ebulição são variáveis diretamente dependentes da altitude.

Também na tarefa 3, para explicar as observações efetuadas manipulando a seringa com água, o aluno A10 apresenta a seguinte resposta.

pela força da sucção do êmbolo, a água
tem espaço para criar bolhas de vapor de
água que quando logo após ficaram entre a
parte líquida. Para ocupar o espaço menor,
isto também acontece porque a pressão lá
dentro é 23 kPa e a pressão exterior é 100 kPa,

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A10)

Na pergunta seguinte, em que se pedem argumentos a favor da explicação dada, o aluno remete para a resposta anterior:

lá apresentamos os argumentos na pergunta anterior

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A10)

Por um lado, o aluno tem dificuldade em entender que a explicação elaborada carece de um apoio em evidências, que se esperava que fossem explicitadas na argumentação. Por outro lado, menciona uma «força de sucção do êmbolo» que dá a entender que o movimento do êmbolo, retira algo do interior da seringa. Acrescenta adequadamente os valores de pressão no interior e exterior da seringa, mas tem dificuldade em relacionar esta diferença de pressões com aquilo que designa por «força de sucção».

Nos argumentos que formulam, os alunos revelam os modelos mentais que têm dos fenómenos observados. Esta situação mostra-se muito útil para identificar as conceções prévias dos alunos. Na tarefa 3, por exemplo, ao descrever o que se observa quando se puxa o êmbolo da seringa, o aluno A01 escreve que «viu ar a formar bolhas».

Quando se puxa o êmbolo, os vinhos de
a formar bolhas e a ir para a parte direita
do êmbolo e quando se larga o êmbolo, as
bolhas pequenas formam-se na zona preta e em
uma.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A01)

O aluno observa a formação de gás e identifica inadequadamente esse gás com ar. Nas notas de campo do professor refere-se também que «alguns alunos associam o estado gasoso à presença de ar».

Outro exemplo interessante foi o de um par de alunos que na parte 1 da tarefa 3 dispunha de uma seringa cujo êmbolo não era suficientemente estanque. Quando se solicita o registo das observações efetuadas os alunos, afirmam que não conseguiram fazer a experiência.

Entrou o ar dentro da seringa e, conseqüentemente,
não conseguimos fazer a experiência.

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A04)

O aluno afirma que «entrou ar para dentro da seringa», mas tem dificuldade em explicar como é que chegou a esta conclusão. A justificação que apresenta pode corresponder a várias evidências, como por exemplo: não ter observado a formação de bolhas de vapor quando se puxa o êmbolo; nem a condensação do vapor quando se larga o êmbolo; nem ter sentido a força que deveria fazer o êmbolo voltar à posição inicial. Não refere também a saída de água através do êmbolo, nem qualquer outra evidência da sua deficiente estanquicidade. Dado que, para observar a formação de bolhas de vapor no interior da seringa, era necessário que a seringa estivesse «bem fechada», a não observação do fenómeno esperado leva-o a concluir que não se verificou a condição «o êmbolo não deixa entrar ar», mas não o consegue justificar adequadamente.

Quando questionados sobre o registo das observações efetuadas, os alunos dizem não ter encontrado dificuldades.

A06: Não. É só saber se sabemos fazer... É só passar para o papel.

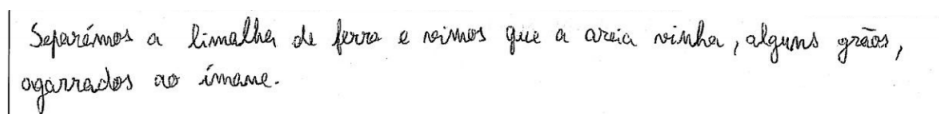
A03: Não é difícil.

A05: Exatamente.

A01: É só saber escrever.

(Entrevista)

Os alunos registam parte daquilo que observaram, e ao fazê-lo revelam as suas conceções sobre essas observações. Um exemplo disto pode ver-se por exemplo na descrição que o aluno A13 faz da separação da limalha de ferro.



Separámos a limalha de ferro e vimos que a areia vinha, alguns grãos, agarrados ao ímã.

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A13)

O aluno faz uma observação interessante: repara que não consegue separar completamente a limalha de ferro dos outros dois materiais. Faz contudo uma afirmação inadequada ao dizer que alguns grãos de areia vinham «agarrados ao ímã». Por um lado é difícil perceber que os grãos, que ficam misturados com a limalha de ferro, não são apenas de areia mas também de cloreto de sódio. Por outro, também não é fácil dar-se conta que os grãos não são atraídos pelo ímã, mas ficam presos entre a limalha de ferro que, esta sim, é atraída pelo ímã.

Na entrevista, o aluno A04 refere-se explicitamente à dificuldade em formular justificações e apresentar evidências, o que é percebido como uma dificuldade acrescida das tarefas em que é promovida a argumentação.

A04: Nas ciências é fácil dar uma resposta mas é difícil justificá-la. Pelo menos para mim. Eu acho que é um bocado difícil encontrar evidências...

(Entrevista)

O aluno considera fácil «dar uma resposta», mas difícil «justificá-la» e «encontrar evidências».

Apresentação de contra-argumentos

Nesta subcategoria, analisam-se as dificuldades encontradas pelos alunos em formular ou apresentar argumentos que possam contrariar as suas ideias.

Na tarefa 1, por exemplo, quando se pediam argumentos que contrariassem a ideia do par, o aluno A06 responde:

Os argumentos que contrariam a nossa ideia são...

Quem contraria a nossa ideia (segundo o texto) é o
Filipe.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A06)

O aluno reconhece que o personagem da tarefa apresentou uma ideia contrária à sua, mas não apresenta nenhum argumento a favor dessa ideia. O par dizia «que o gás natural não tem cheiro» e o personagem, Filipe, afirmava que na cozinha se estava a sentir o cheiro do gás natural. Os alunos limitam-se a referir que o personagem fez uma afirmação contrária à sua, sem elaborar nenhum argumento.

De modo análogo, os elementos de um outro par, que também defendem que o gás natural não tem cheiro, apresentam como resposta o facto da mãe dizer que cheira a gás.

Os argumentos que contrariam a nossa ideia são... quando a minha
mãe diz que cheira a gás.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A02)

Tal como no caso anterior, o aluno reconhece que o facto da mãe dizer que cheira a gás, contraria a sua ideia, mas não apresenta razões que apoiem essa ideia.

Um dos alunos que defendia que o gás natural *tem cheiro*, consegue formular contra-argumentos.

Os argumentos que contrariam a nossa ideia são...

a leveza do gás que tende a dissipar-se rapidamente
não dando a tempo para ser detectado. Também, quando
está natural, o gás não inodora.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A01)

O primeiro argumento que apresenta, não contraria formalmente a ideia do par. Corresponde, no entanto, a uma situação que contraria essa ideia, porque explica que, mesmo tendo cheiro, este não seja sentido, por se dissipar rapidamente. A segunda afirmação que faz é, porém, aparentemente incompatível com a primeira, pois se o gás natural é inodoro, não teria cheiro mesmo que não se dissipasse rapidamente. O aluno não o explica, mas na sua formulação está implícito que o gás natural só é inodoro, quando «está natural», isto é, quando é extraído. Na resposta à questão seguinte, o aluno explica como é que isto acontece.

Nós tentaríamos convencer alguém com uma opinião contrária à nossa dizendo que...
* perquirar, não encontrar que as empresas usam
THT que odoriza o gás, ou seja ser mais fácil de
detectar.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A01)

O aluno compreendeu que as empresas de distribuição odorizam o gás natural antes de chegar às casas, mas fica ainda a dúvida, se o THT resolve o problema da rápida dissipação do gás natural. Mesmo adicionando THT, uma fuga de gás natural consegue ser detetada pelo cheiro? O aluno afirmou que, pelo facto do gás se dissipar rapidamente, não dá «tempo para ser detetado», mas não refuta este contra-argumento. A dificuldade em refutá-lo resulta do aluno não ter elementos suficientes na tarefa, nem recursos cognitivos para o fazer, pois requer um conhecimento mais aprofundado sobre as propriedades do THT.

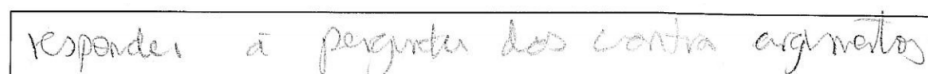
Este mesmo aluno referiu dificuldades na construção de «ideias lógicas», na reflexão final da tarefa 2.

A construir ideias lógicas para a ideia que
eu apelo e a descobrir responder como
o meu colega.

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A01)

A afirmação sugere que o aluno se terá dado conta, quer individualmente, quer nas discussões, que nalgumas situações havia pontos de incoerência nas ideias que foi construindo.

Na parte 2 da tarefa 3, também havia uma questão em que eram pedidos explicitamente argumentos que contrariassem a opção do par. O aluno A10, que copiou o contra-argumento que foi escrito no quadro durante a discussão coletiva, na reflexão final da tarefa 3, menciona explicitamente ter sentido dificuldades na formulação de contra-argumentos.



Respondeu à pergunta dos contra argumentos

(Documentos escritos, tarefa 3, aluno A10)

Segundo as notas de campo do professor:

No início da discussão coletiva surgiram pares com opções diferentes e para as quais apresentavam argumentos. A partir do momento em que se chegou à conclusão que apenas um dos gráficos representava adequadamente a situação, os alunos deixaram de dar importância aos argumentos contrários a este gráfico, embora tivessem alguns pontos que mereciam a pena ser considerados.

(Notas de campo, tarefa 3)

Na entrevista a importância da contra-argumentação foi referida por um dos alunos.

A05: Por exemplo se o nosso colega de grupo não estiver interessado é mais fácil nós arranjar um argumento porque é apenas esse, porque o nosso colega não vai contra-argumentar. Mas contra-argumentar é mais difícil mas o resultado é melhor.

(Entrevista)

O aluno reconhece a dificuldade em argumentar, quando o seu interlocutor defende uma ideia contrária à sua. A dificuldade em considerar pontos fracos nos próprios argumentos é ainda maior, como se verificou na tarefa 3, quando não há nenhum interlocutor que se oponha às suas ideias.

5.2 Estratégias

No que diz respeito às estratégias usadas pelos alunos para ultrapassar as dificuldades foram identificadas quatro categorias de análise nos dados

recolhidos: pesquisa de informação, manipulação de materiais, discussão e apoio do professor. Todas foram identificadas como relevantes pelos alunos entrevistados, sendo, no entanto, valorizadas de modo diferente por cada um. Os registos escritos dos alunos, as notas de campo do professor e os registos áudio, confirmam a importância de cada uma destas estratégias para as aprendizagens, e em especial para a elaboração dos argumentos.

5.2.1 Pesquisa de informação

Quer na reflexão individual realizada no final das tarefas, quer na entrevista em grupo focado, foi referido que a pesquisa de informação foi importante para responder às questões das tarefas. Na entrevista, um dos alunos menciona que esta foi a primeira estratégia que usou:

A05: No meu grupo costumamos sempre procurar primeiro na sebenta e tentar perceber o que está na sebenta e justificar. E só depois se tivermos uma dúvida é que perguntamos ao professor, mas tentamos ir primeiro sempre à sebenta para perceber.

(Entrevista)

Para este aluno, a primeira fonte de informação à qual recorreu foi a «sebenta»⁵. Estão aí compilados os conceitos essenciais que são abordados na unidade curricular. O aluno afirma usar a «sebenta» como primeira fonte de informação para tentar «perceber» as questões e «justificar» as respostas.

Outro aluno, quando questionado na entrevista sobre as estratégias usadas para ultrapassar as dificuldades que sentiu, responde:

A04: Consulta... Consulta na sebenta às vezes.

(Entrevista)

Neste caso, o recurso à «sebenta» é complementar a outras fontes de informação, que menciona noutra parte da entrevista.

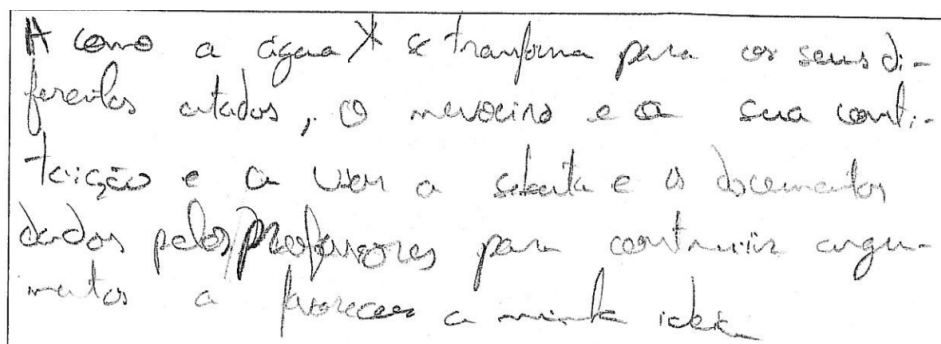
⁵O que os alunos designam por «sebenta» é o manual elaborado pelos professores da escola.

A04: Lendo as coisas com atenção... muitas vezes perdíamos tempo indo à sebenta, quando estava tudo explicado na folha da tarefa.

(Entrevista)

O aluno esclarece que a estratégia que sentiu ser mais eficaz foi: ler «com atenção» os dados fornecidos conjuntamente com os enunciados das tarefas.

É interessante notar o exemplo de um aluno que salienta a pesquisa, não só como estratégia para aprender ou ultrapassar dificuldades, mas também como uma aprendizagem realizada durante as tarefas. O exemplo é retirado da reflexão individual feita pelo aluno no final da tarefa 2.



A como a água * e transformada para os seus di-
ferentes estados, o nevoeiro e a sua consti-
tuição e a usar a sebenta e os documentos
dados pelos professores para construir argu-
mentos a favor da minha ideia

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A01)

Este aluno refere que aprendeu a «a usar a sebenta e os documentos dados pelos professores para construir argumentos a favorecer a minha ideia», a par da aquisição de conhecimento substantivo, como sejam as transformações físicas da água ou «o nevoeiro e a sua constituição». Sublinha-se que o uso da informação foi realizado com o objetivo específico de formular argumentos para apoiar as ideias, e não apenas para para mostrar os conhecimentos adquiridos. Na entrevista este mesmo aluno afirma que a competência a pesquisa ultrapassa o âmbito da disciplina. Depois do aluno A02 indicar que o que lhe permitiu realizar maiores aprendizagens foram as discussões coletivas, este aluno contesta:

A01: Eu concordo com o A02 mas acho que também na parte de Físico-Química e Ciências nós nem sempre estamos com uma turma... e o trabalho mais importante... às vezes pode acontecer que estamos sozinhos e eu acho que uma das partes mais importantes é a pesquisa. Porque se nós começarmos agora a pesquisar mais facilmente, quando tivermos trabalhos mais importantes conseguimos pesquisar rapidamente.

(Entrevista)

Observa-se uma preocupação deste aluno por realizar aprendizagens que sejam úteis não apenas para ter boas classificações, mas também para «quando tivermos trabalhos mais importantes».

Na primeira parte da tarefa 1, de acordo com as notas de campo do professor «alguns alunos basearam os seus argumentos nos dados fornecidos, enquanto outros preferiram fazê-lo partindo da sua experiência pessoal» (Notas de campo, tarefa 1). Apresenta-se o exemplo de um argumento baseado nos dados fornecidos. O enunciado situava a questão na cozinha, onde dois irmãos discutiam se o gás natural tinha ou não cheiro. A resposta que dá à questão discutida pelos dois irmãos é:

A nossa ideia é... *que o libertado pelos fogões tem cheiro.*

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A08)

Na conclusão o aluno especifica adequadamente que o gás *libertado pelos fogões* tem cheiro. Como explicará a seguir, é importante saber se se está a referir ao gás extraído das jazidas ou ao gás recebido em casa. As dados que apresenta para apoiar a sua ideia são:

Os dados que apoiam a nossa ideia são...
Originalmente, não tem cheiro (inodoro) mas é odorizado antes de ir para as nossas casas, por questões de segurança

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A08)

Nos dados fornecidos afirmava-se que o gás natural «é um gás inodoro, que, por razões de segurança, é normalmente odorizado antes da fase de distribuição para utilização final», o que o aluno transcreve adequadamente por palavras próprias. Na terceira parte da questão estabelece uma relação clara entre a conclusão e os dados:

Os dados referidos apoiam a nossa ideia porque...
foi utilizado em casa e já tinha sido odorizado.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A08)

O aluno reforça a ideia que, por estar a ser *utilizado em casa*, o gás tem cheiro. Está implícita a informação, expressa nos dados fornecidos, que este cheiro se deve a uma substância odorizante que foi adicionada ao gás natural antes da sua distribuição. Não há nenhuma referência a ideias prévias. Os alunos deste par, leram a informação fornecida e apreenderam, dos dados, o suficiente para formular uma conclusão e um argumento adequado para a defender.

5.2.2 Manipulação de materiais

A maioria dos alunos mostrou um grande envolvimento nas tarefas que implicavam manipulação de materiais. Quando questionados, na entrevista, sobre o modo como as tarefas que realizaram, contribuíram para as aprendizagens, responderam:

A01: Eu acho que foi muito mais do que se nós não tivéssemos feito... que... eu acho que uma pessoa só percebe muito bem e pode falar muito bem sobre isso quando faz.

P: Quando faz... mas vocês sentiram que quando aprenderam mais foi quando experimentaram.

Vários: Sim.

A02: Quando se faz percebe-se melhor.

(Entrevista)

É interessante observar que os alunos referem que «quando se faz percebe-se melhor», e também que uma pessoa «pode falar muito bem sobre isso quando faz». De algum modo a manipulação dos materiais facilita não só a compreensão dos conceitos, mas também a sua comunicação a outros e, conseqüentemente, a argumentação.

Noutro ponto da entrevista a resposta do aluno A04 mostra a importância de estabelecer a relação entre as ideias e a realidade a que as ideias fazem referência.

A04: Sim, porque só assim a falar nós não ficamos com uma ideia... Parece-nos uma ideia na cabeça! Nós temos uma ideia, mas temos de ver o fenómeno para perceber mais ou menos como é que... o que é que lá acontece.

(Entrevista)

O aluno A04 refere que «só assim a falar nós não ficamos com uma ideia», indicando que não é suficiente discutir ideias, argumentar, é preciso também «ver o fenómeno para perceber». A resposta, contudo, poderia sugerir que seria suficiente «ver o fenómeno para perceber». As afirmações citadas anteriormente dos alunos A01 e A02 acrescentam a perspectiva de que é importante *fazer* e não apenas *ver*. Sem o explicitarem os alunos reconhecem, através destas afirmações, que a manipulação de materiais os ajudou a reconhecer evidências, a formular argumentos e a compreender melhor os fenómenos abordados na disciplina.

Na tarefa 1, para distinguir a água do glicerol, bastava agitar ambos os líquidos para verificar que o líquido C era mais viscoso do que o D. O grupo do aluno A02, foi mais longe e, reparando que os dados fornecidos indicavam que o glicerol «quando se aquece torna-se menos viscoso», decidiu aquecer as duas substâncias. Na questão sobre os resultados obtidos o aluno regista:

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material C:

o líquido B é mais viscoso do que o líquido D e que diminui a viscosidade quando aquece.

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material D:

o líquido D é menos viscoso do que o líquido B e que quando aquece a viscosidade fica igual.

(Documentos escritos, tarefa 1, aluno A02)

Os alunos deste grupo concluem adequadamente que a substância C é o glicerol e a D a água. Embora fosse suficiente uma evidência para distinguir as substâncias, o argumento sai reforçado ao indicar duas evidências que apoiam a conclusão.

Na tarefa 5, foi fornecido aos alunos, em anexo ao enunciado da tarefa,

um conjunto de dados sobre os materiais que deveriam separar. No manual dispunham de descrições muito sumárias dos diferentes processos físicos de separação, que deveriam conjugar com a informação sobre os materiais. No laboratório, ao registar as observações feitas durante a separação, observaram-se evidências de alunos que se apercebem de aspetos que, na aula de planificação, passaram inadvertidos.

- A limalha de ferro não é atraída toda ao mesmo tempo
- A filtração faz-se lentamente
- A areia subiu com limalha porque estava presa na limalha

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A14)

a limalha de ferro é atraída pelo ímã e a areia era arrastada com o ferro.
O filtro filtra a água e o cloreto de sódio.
Aquecemos a água com o cloreto de sódio dissolvido nela e ficou só o cloreto de sódio.

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A03)

limalha de ferro: - a limalha ficou colada ao ímã
cloreto de sódio - dissolveu na água
areia - filtramos a água e ficamos com a areia

(Documentos escritos, tarefa 5, aluno A07)

As afirmações: «a limalha de ferro não é atraída toda ao mesmo tempo» e «a areia era arrastada com o ferro», ajudam a entender porque é que não conseguiram uma separação completa. As afirmações: «aquecemos a água com o cloreto de sódio dissolvido nela e ficou só o cloreto de sódio» e «filtramos a água e ficamos com areia», registam partes essenciais do processo que, na fase de planificação, não foram explicitados. A afirmação: «a filtração faz-se muito lentamente», sublinha um ponto fraco do processo. Nas notas

de campo do professor, indica-se que:

na discussão coletiva, quando questionados sobre a discrepância entre os valores obtidos e os inicialmente presentes na mistura, os alunos foram apontando as observações feitas no laboratório para apoiar as suas ideias, parecendo ter reconhecido a importância de fundamentar a argumentação em evidências

(Notas de campo, tarefa 5)

5.2.3 Discussão

Nesta categoria, analisam-se de que modo as discussões em pares, em pequeno grupo ou em turma, ajudaram a ultrapassar dificuldades e a desenvolver aprendizagens, especialmente no campo da argumentação.

Na entrevista em grupo focado, quando questionados sobre a forma como o uso de argumentação científica foi importante para as aprendizagens realizadas, obtiveram-se as seguintes respostas:

A04: Confrontamos as ideias de todos e no final as nossas ideias com as do professor para saber se está ou não muito próximas ou mais afastadas do que era a resposta certa.

A06: É isso. . .

A07: o resultado é melhor. . .

A06: E é isso porque é bom trabalhar em grupo, porque pesquisamos todos, juntamos todas as ideias e pode dar. . .

A04: E damos uma resposta mais completa.

(Entrevista)

O aluno A04 refere que confrontam «as ideias de todos e no final as nossas ideias com as do professor». Esta afirmação corresponde à estratégia seguida em todas as aulas de começar por resolver as questões em pequeno grupo e em seguida fazer uma discussão coletiva. Os alunos sublinham ter vivido em aula situações em que o resultado do trabalho de todos foi mais completo do que se tivessem apenas escutado as explicações do professor ou se tivessem apenas respondido às questões, sem interagir com os colegas. Parecem ter

percebido que o tempo gasto em discutir as diferentes ideias permite chegar a «uma resposta mais completa». Salienta-se também a referência do aluno A04 à intervenção do professor. Neste caso, a intervenção do professor não é uma estratégia diferente da discussão, mas parte integrante dela. A discussão, para o aluno A04, é vista como o confronto de ideias quer entre os colegas quer com o professor. O facto do confronto com as ideias do professor se realizar «no final», sugere que o aluno reconhece no professor a capacidade para discernir mais adequadamente a validade de cada um dos argumentos submetidos à discussão.

Noutro ponto da entrevista os alunos explicam de que forma as discussões ajudam a chegar a uma «uma resposta mais completa».

A06: Neste caso quando é discussões, como eu disse há muitas ideias e assim pode-se perceber que alguma delas está errada por algum ponto. . . qualquer e assim percebemos mesmo qual é a certa ou qual é a mais certa.

A04: Ou então cada uma delas tem um bocadinho de resposta e todos esses bocadinhos juntos. . .

A06: Pois é.

A04: dão uma resposta mais completa.

(Entrevista)

Por um lado, os alunos observaram que nas discussões surgem várias ideias. Por outro, é muito significativo o comentário do aluno A04 ao afirmar que «cada uma delas tem um bocadinho de resposta». Os alunos reconhecem a importância de considerar cada uma das ideias para perceber mais profundamente o problema, mesmo as ideias que estão erradas. Nas considerações feitas por estes alunos estão presentes os dois aspetos essenciais da argumentação, que são a construção, procurando juntar as várias ideias para chegar a um consenso, «todos esses bocadinhos juntos . . . dão uma resposta mais completa», e a crítica, através da avaliação da validade de cada uma, «perceber que alguma delas está errada por algum ponto», que pode ser seguida de aceitação, rejeição ou reformulação.

Também nos documentos escritos surgem dados que apontam para a importância das discussões na superação de dificuldades e no desenvolvimento

da argumentação. Na tarefa 1, por exemplo, reflexão individual, quando se pergunta que dificuldades sentiram e como as ultrapassaram, o aluno A13 responde:

Na 1ª parte tive algumas dúvidas sobre o cheiro do gás e ultrapassei-a ouvindo as outras opiniões.
Na 2ª parte fiz as várias experiências e ouvi a opinião dos outros.

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A13)

O aluno refere que ultrapassou as dificuldades que sentiu na primeira parte «ouvindo as outras opiniões». Dado que esta parte da tarefa foi realizada em pares, ao referir «as outras opiniões», e não apenas a opinião do colega do par, o aluno reconhece que também a discussão coletiva foi importante para conseguir elaborar os argumentos. Trata-se de um aspeto importante da argumentação, a capacidade de ouvir os argumentos dos outros, tentando compreender o seu sentido, e depois confrontá-las com as ideias próprias. Um outro aluno, na mesma questão, dá uma perspetiva diferente do modo como a discussão o ajudou a ultrapassar as dificuldades.

• Na 1, como identificar e modelar a opinião sobre o cheiro e na 2, usar os materiais.
• Ultrapassei-as, discutindo com o meu grupo as opiniões e com a ajuda do professor.

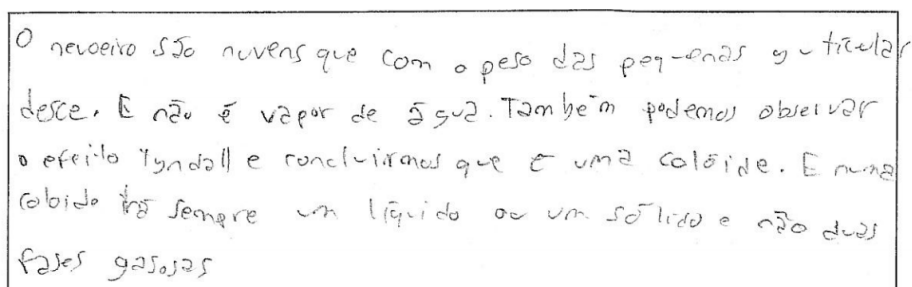
(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A01)

«Na 1» refere-se à primeira parte da tarefa 1 e «na 2» à segunda parte. O que o aluno designa por «modelar a opinião», corresponde à elaboração dos argumentos para responder à questão, em que afirma ter sentido dificuldades. Assegura que as conseguiu ultrapassar, não apenas ouvindo as outras opiniões, como mencionava o aluno A13, mas «discutindo com o meu grupo e com a ajuda do professor»⁶. A discussão em pares, ou em grupo, envolve um processo de argumentação em que o aluno, dá as suas ideias, ouve as dos co-

⁶Esta tarefa foi realizada em pares, pelo que o que o aluno designa por grupo, corresponde ao outro elemento do par.

legas e responde com contra-argumentos até chegarem a um consenso. Neste caso, a discussão dentro do par foi completada com a ajuda do professor.

Nos registos escritos dos alunos observam-se diferentes estratégias para incorporar, às respostas individuais, as ideias que surgiram nas discussões coletivas. Um dos alunos acrescenta à resposta individual, elaborada em pares, parte das ideias registadas pelo professor na síntese que resultou da discussão em turma:



O nevoeiro são nuvens que com o peso das pequenas gotículas desce. E não é vapor de água. Também podemos observar o efeito Tyndall e concluirmos que é uma colóide. E numa colóide há sempre um líquido ou um sólido e não duas fases gasosas.

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A05)

A primeira parte da resposta é fruto da elaboração própria do par: «O nevoeiro são nuvens que com o peso das pequenas gotículas desce. E não é vapor de água». A segunda parte resulta da reelaboração do que foi registado no quadro:

porque numa situação de nevoeiro se observa o efeito de Tyndall, o que significa que o nevoeiro é um coloide. Num coloide há sempre duas fases e pelo menos uma das duas tem de ser um líquido ou um sólido. Não há colóides formados por duas fases gasosas.

(Notas de campo, tarefa 2)

Uma das evidências apresentadas na tarefa referia que no nevoeiro se observa «o efeito de Tyndall, tal como acontece em qualquer coloide». Era esperado que os alunos mobilizassem os conhecimentos prévios sobre misturas coloidais ou consultassem o manual.

Outra estratégia consistiu em substituir a resposta do par (ou do grupo) pela síntese (ou parte dela) que resultou da discussão coletiva e foi registada no quadro. Um exemplo disto aconteceu no caso do aluno A04, na tarefa 2, ao justificar por que é que a afirmação (III) era falsa.

Um bloco de água no estado sólido tem a mesma massa que um bloco de água no estado líquido. Apenas a água em diferentes estados. Muda apenas o estado físico, mas não a identidade.

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A04)

O aluno substituiu a resposta formulada com o seu par, por parte da que foi registada no quadro durante a discussão coletiva. A formulação que tinha escrito inicialmente continha aspetos que completavam o argumento, tornando explícita a conservação da massa, que na segunda formulação fica apenas implícita. A sua formulação, contudo, era ambígua porque não explicitava que se tratava do mesmo «bloco» de água que se transforma do estados sólido para o líquido ou vice-versa. De modo diverso, o outro aluno do par, opta por manter a conclusão elaborada inicialmente.

Um bloco de água no estado sólido tem a mesma massa que um bloco de água no estado líquido. É a água em diferentes estados.

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A15)

Neste caso o aluno não viu conveniência em completar, ou reformular a sua resposta depois da discussão coletiva.

Outros alunos reelaboram a sua conclusão, depois da discussão em turma, sem copiar a síntese escrita no quadro. Esta estratégia, é usada pelo aluno A07, na tarefa 2, para justificar que é falsa a afirmação (I).

(I) A água só passa ao estado gasoso acima dos 100 °C. Falsa

(a) A afirmação (I) é falsa porque...

Na nossa sala de aula há vapor de água e não está a 100 °C. Água do mar não está a 100 °C e evapora.

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A07)

O aluno apresenta adequadamente duas evidências que surgiram na discussão coletiva e que mostram a falsidade da afirmação. Os alunos do par tiveram muita dificuldade em responder a esta questão, usando as evidências que foram fornecidas. Os registos áudio do trabalho autónomo do par revelam que os alunos discutiram a questão e as evidências fornecidas em três momentos diferentes, sem chegar à conclusão se esta afirmação era verdadeira ou falsa. A resposta só é formulada após a discussão coletiva, depois de considerar os argumentos dos colegas.

5.2.4 Apoio do professor

O apoio do professor foi importante quer durante os momentos de trabalho autónomo, quer durante as discussões coletivas. Apresentam-se alguns exemplos de como o apoio do professor permitiu ajudar a ultrapassar dificuldades ou promoveu as dinâmicas de argumentação.

Na entrevista, os alunos referiram situações em que recorreram ao apoio do professor para ultrapassar dificuldades.

A01: E também nas tarefas ir à sebenta, mas como ali era só palavras eu não percebia muito bem. Depois tinha de perguntar ao professor.

(Entrevista)

O aluno A01 diz que faz pesquisas na sebenta, e que, quando não consegue interpretar os dados que encontra, recorre ao professor. Neste caso o apoio do professor concretiza-se no esclarecimento de dúvidas que surgem na interpretação da informação consultada.

Nas aulas de laboratório o apoio do professor foi especialmente útil para ajudar os alunos a esclarecer dúvidas no âmbito do conhecimento processual. Este mesmo aluno noutra parte da entrevista, questionado sobre as situações em que sentiu mais dificuldade responde:

A01: A mim foi mais nas aulas laboratoriais a usar os objetos. . .

P: Usar?

A01: Às vezes até a encontrar os objetos. . . Como fazer. . . Às vezes também perguntava muitas vezes ao professor porque também não sabia. . .

(Entrevista)

Dado que em nenhuma das tarefas foi dado um protocolo experimental detalhado, nalgumas situações houve necessidade de recorrer ao professor para conseguir progredir. A isso se refere o aluno A01 quando aponta a importância do apoio do professor «nas aulas laboratoriais». De acordo com as notas de campo, este apoio concretizou-se, por exemplo, «na seleção e uso do material de laboratório e na interpretação ou validação das observações efetuadas».

O apoio do professor foi também relevante durante o trabalho de grupo.

A02: Nós vemos também muitos argumentos no nosso grupo e depois chegamos à conclusão.

P: E como é que chegam a essa [conclusão]? Também procurando na sebenta?

A02: Com as instruções que o professor nos dá.

(Entrevista)

Neste excerto da entrevista o aluno A02 refere que surgem muitos argumentos no grupo. Quando questionado pelo professor sobre o modo como chegam à conclusão, aponta «as instruções que o professor nos dá». Esta resposta sugere que o apoio do professor foi necessário, em alguns casos, para ajudar a chegar a um consenso ou para facilitar a elaboração da conclusão.

Outro aluno indica que apoio do professor foi importante para verificar a validade das ideias do grupo e prosseguir as pesquisas de modo a conseguir reformular adequadamente os argumentos.

A05: Sim, sim. Mas às vezes o professor diz-nos que a nossa ideia está errada e nós temos de ir procurar outra vez à sebenta e procuramos por essa ideia e conseguimos alguns argumentos.

(Entrevista)

No caso referido pelo aluno A05, o professor não deu uma resposta mas chamou a atenção para as debilidades da argumentação apresentada. Depois de compreender o argumento do professor, o grupo faz novas pesquisas, guiado por essa ideia, e formula novos argumentos. O apoio do professor pode ser, no sentido de confirmar, ou de refutar as ideias dos alunos. Com esta orientação, os alunos sentem-se mais seguros para dar por terminada a tarefa, prosseguir na mesma linha de argumentação ou reformular as suas ideias.

Nos dois primeiros exemplos, o aluno manifesta que a iniciativa de recorrer ao professor partiu dele. Nos outros dois, os alunos não especificam de quem partiu a iniciativa do apoio dado pelo professor. As notas de campo, mostram que muitas vezes a iniciativa partiu do professor, como acontece no exemplo seguinte: «Durante o trabalho autónomo dos alunos ou nas discussões coletivas procurei suscitar questões que estimulassem novas linhas de argumentação, ou perspetivas diferentes da questão» (Notas de campo, tarefa 2). Um exemplo disto, surge na parte 1 da tarefa 2, durante a discussão coletiva sobre a verdade ou falsidade da afirmação (III). Nessa situação, o professor formula para a turma a seguinte questão: «Como é que uma substância pode perder peso? Se estiver menos concentrada perde peso? Os corpúsculos não serão iguais?» (Registo áudio, tarefa 2). Perante a hesitação dos alunos, dirigindo-se a um dos alunos que interveio, formula uma analogia e coloca outra questão: «Imagina uma porção de areia. Se tiveres uma porção de areia, o conjunto dos grãos pesa menos se estiver espalhado do que se estiver toda junta?» (Registo áudio, tarefa 2). Na sua resposta, o aluno A03 aproveita este exemplo e acrescenta-o ao argumento que apresenta para justificar a falsidade da afirmação.

(III) Quando a água passa do estado sólido para o estado líquido, os corpúsculos que a constituem perdem massa, isto é, ficam mais «leves».	<i>Falso</i>
---	--------------

(c) A afirmação (III) é falso porque...

<p><i>muda apenas o estado físico, mas não a identidade. Os corpúsculos não variam a sua massa.</i></p> <p><i>Ex: Se tivermos areia espalhada e pesarmos vai ter o mesmo peso se a juntarmos.</i></p>

(Documentos escritos, tarefa 2, aluno A03)

No argumento apresentado, o aluno usa parte das ideias que surgiram na discussão coletiva, tenham, ou não, sido registadas no quadro.

Em síntese, o apoio do professor partiu quer da sua iniciativa, quer da dos alunos; e a forma como foi prestado influenciou as dinâmicas da argumentação e a formulação dos argumentos registados nos documentos escritos.

5.3 Avaliação feita pelos alunos

No que diz respeito à avaliação que os alunos fazem das tarefas realizadas, foram identificadas duas categorias de análise: relevância das tarefas e recomendações futuras.

5.3.1 Relevância das tarefas

No que diz respeito à relevância das tarefas, procurou-se dar especial atenção aos aspetos relacionados com a argumentação, sem ignorar as restantes aprendizagens curriculares.

Quando questionados sobre a apreciação que fazem das tarefas realizadas, os alunos fazem uma valorização muito positiva.

P: Portanto, valeu a pena fazer estas tarefas?

Vários: Sim, sim, eu acho que valeu.

A02: Aprendemos o dobro.

(Entrevista)

O aluno A02 afirma que as aprendizagens realizadas foram «o dobro», possivelmente comparando com um método expositivo. Globalmente os alunos entrevistados confirmaram que as tarefas contribuíram para as suas aprendizagens.

Outras respostas na entrevista dão informações que esclarecem o tipo de aprendizagens que foram potenciadas com as tarefas.

A06: É mais fácil porque nos obriga... Não é mais fácil, mas obriga-nos a pesquisar e assim aprendemos muito mais.

A05: E temos uma ideia e depois o professor complementa a nossa ideia ou então dá-nos outra ideia e que assim depois fica mais fácil.

A02: Com isso podemos ter mais autonomia.

A01: Pesquisar não é só para Físico-Química. Pode ajudar-nos para tudo... tudo.

(Entrevista)

A expressão «obriga-nos a pesquisar» sugere, por um lado, que os alunos tiveram de trabalhar autonomamente para conseguir formular os argumentos. Por outro, a expressão «complementa a nossa ideia» mostra que o aluno valoriza a dinâmica de argumentação, com a possibilidade de discutir as próprias ideias com os colegas e as do professor, para compreender melhor as questões. É igualmente significativa a percepção transmitida pelo aluno A01 ao referir que algumas das aprendizagens realizadas, citando o exemplo da pesquisa, podem «ajudar-nos para tudo». Num outro excerto da entrevista (ver página 121), este aluno tinha referido a importância que pode ter a pesquisa «quando tivermos trabalhos mais importantes», agora acrescenta que é uma competência importante no seu dia a dia.

Os alunos atribuíram também um valor positivo ao trabalho em grupo e às discussões coletivas. No que diz respeito ao trabalho de grupo, a afirmação do aluno A05 mostra o valor que atribui à argumentação.

A05: Por exemplo no meu grupo eu tinha uma ideia e depois o meu colega disse-me um argumento que eu percebi que a ideia dele é que estava correta. Se tivesse feito eu sozinho... .

(Entrevista)

O aluno reconhece que foi o confronto de ideias com os colegas que o fez compreender melhor a questão e que esse confronto de ideias permite chegar a resultados mais adequados do que trabalhando sozinho.

O reconhecimento do mérito da argumentação, mesmo quando expressam ideias que não são adequadas, é importante para evitar que os alunos se inibam de comunicar as próprias ideias.

A04: Às vezes os alunos que têm pior notas é que são os menos interessados, porque como acham que não vão conseguir ter uma boa nota, por isso não querem muito saber. E nós temos de os incentivar a querer.

A01: Se calhar também pode acontecer que eles não queiram dizer a opinião porque acham que está errada. Podemos deixar dizer a opinião deles.

A05: Têm medo de errar.

A04: E nós temos que lhes dizer que não há problema

A01: Se eles querem dizer a opinião que digam. Se calhar até pode estar completamente certa.

(Entrevista)

É interessante verificar que os alunos admitem a importância de eles próprios valorizarem as contribuições dos colegas e estimularem a sua participação. Afirmam que o desempenho prévio do aluno, na disciplina, pode constituir uma dificuldade no momento de intervir, no grupo ou na turma, se não se sentir apoiado pelos pares. Mas reconhecem que é importante que todos tenham oportunidade de participar e contribuir com os seus argumentos. Com estas afirmações mostram como a argumentação pode ser útil para envolver os alunos com mais dificuldades e ajudar todos a melhorarem a partir dos erros.

5.3.2 Recomendações futuras

Quando questionados na entrevista sobre alterações que julgassem convenientes fazer nas tarefas, os alunos não apontaram explicitamente nenhuma. No entanto, as apreciações que fazem sobre diversos aspetos, mostram que alguns podem carecer reformulação.

P: O que está explicado na sebenta não se percebe muito bem? . . .

A04: Porque às vezes não justifica. Só diz é assim porque é assim.

(Entrevista)

Nas tarefas, algumas vezes, a «sebenta» era necessária como fonte complementar de informação. As características das tarefas parecem ter revelado

que algumas das explicações daquele texto não são acompanhadas de evidências que as fundamentem. O aluno reconhece a importância que têm as evidências e, conseqüentemente, a argumentação para as aprendizagens.

O aluno A04 aponta também influência da manipulação de materiais na compreensão e na motivação para as aprendizagens.

A04: Sim, sinto que percebo melhor quando estamos a fazer uma experiência do que quando estamos numa aula teórica e me desperta mais a atenção e a curiosidade. . .

(Entrevista)

Este comentário aponta que, a oportunidade dada aos alunos de manipularem os materiais e explorarem as suas ideias, promove a motivação e facilita a compreensão dos conceitos abordados na disciplina.

Também no que diz respeito às discussões coletivas, um comentário do aluno A04 na entrevista, mostra a importância de cuidar bem o modo de as orientar.

A04: Nos exercícios das tarefas acabámos também por perceber em que ponto é que estamos. Se percebemos muito bem a matéria, ou se temos mais dificuldade fazendo os exercícios e depois acabámos por aprender muito também na . . . quando a pessoa faz a reflexão, percebemos onde é que errámos e . . .

(Entrevista)

Aquilo a que o aluno se refere quando menciona «a reflexão» são as discussões coletivas. Foi nessas ocasiões que os alunos expressaram ter compreendido de que modo podiam melhorar o seu raciocínio ou os argumentos que formularam.

As respostas dadas pelos alunos A04 e A01 na entrevista, mostram que as discussões ou a argumentação podem ser entendidas pelos alunos como «altercação» ou «pugna verbal».

A04: Às vezes dá origem também a um clima de . . .

A01: Confronto.

A04: . . . confronto na aula e às vezes as pessoas acabam por levar aquilo muito a sério. E em vez de utilizarem para o bem que é complementarem as ideias deles com as ideias dos outros acabam por levar a mal, e não aceitar que a resposta deles não está totalmente certa.

(Entrevista)

No excerto transcrito acima, os alunos referem que as discussões podem levar a «um clima de confronto», no sentido pejorativo do termo. Esclarecem que os colegas podem «levar aquilo muito a sério», não no sentido de realizarem um trabalho bem feito, mas, de algum modo, como uma competição em que o foco é ganhar aos adversários. A vitória é, neste caso, associada a pertencer ao grupo dos que propôs a «resposta certa», em vez de estar associada ao facto de ter aprendido algo novo. Assim, não admitir que o erro é uma situação natural no processo de aprendizagem, pode constituir uma dificuldade. Ter proposto uma solução inadequada, não deve ser entendido como uma derrota. Apenas seria uma derrota persistir numa dada posição, depois de se ter reconhecido que há outras mais adequadas.

A dificuldade em admitir a naturalidade do erro, pode estar relacionada com forma dos colegas reagirem à argumentação. Na entrevista quando o professor pergunta se a dificuldade se deve à disposição de ouvir os outros, o aluno A06 responde:

P: Portanto a dificuldade não é tanto o haver ideias diferentes, mas as pessoas não saberem ouvir.

A06: Sim, mas às vezes alguns criam argumentos convincentes e tentam ao máximo que as pessoas ouçam e . . . percebam que ou está correta ou não está correta.

(Entrevista)

A resposta do aluno sugere que o empenho na defesa dos argumentos, pode inibir a reflexão sobre esses mesmos argumentos. Quando isto acontece, os alunos necessitam de um reconhecimento por parte dos pares, que é necessário estimular, para que realizem a reflexão sobre as ideias próprias, tendo por

base os novos elementos surgidos na discussão.

Por último, um dos alunos, na entrevista, referindo-se às diferentes estratégias usadas nas tarefas, afirma:

A04: Mas eu penso que todos esses fatores são muito importantes e não consigo ver qual é que é o mais... Todos contribuem.

(Entrevista)

O aluno A04 declara que todas as estratégias usadas nas tarefas são importantes para as aprendizagens, e é importante que o professor o tenha em conta.

Capítulo 6

Discussão, conclusão e reflexão final

Procurou-se com este trabalho, compreender como é que tarefas que promovem a argumentação científica facilitam as aprendizagens dos alunos. O trabalho foi desenvolvido com alunos do 7.º ano, durante a abordagem de alguns temas do programa de Ciências Físico-Químicas incluídos no domínio dos «Materiais». Com as questões orientadoras, pretendeu-se identificar as principais dificuldades sentidas pelos alunos, as estratégias que utilizaram para as ultrapassar e a avaliação que fizeram das tarefas.

Para recolher e analisar os dados, selecionaram-se métodos de investigação qualitativa. A análise baseou-se principalmente nos documentos escritos, com as respostas dos alunos, e na transcrição da entrevista em grupo focado. Recorreu-se às notas de campo do professor e aos registos áudio e vídeo, quer como fonte complementar de informação, quer para validar a análise. Para triangulação e algumas vezes validação dos dados, foram também usadas as informações fornecidas pelo professor cooperante e as notas de campo de uma investigadora não participante que assistiu à maioria das intervenções. Da análise, emergiram categorias e subcategorias apresentadas no quadro 4.1 que ajudaram a dar resposta às questões orientadoras.

Este capítulo final está dividido em três secções. Na primeira faz-se a discussão dos resultados obtidos, na segunda apresenta-se a conclusão do trabalho e na terceira efetua-se uma reflexão sobre as aprendizagens realizadas. Nesta última secção, mencionam-se não só sugestões de trabalho posterior,

mas também algumas implicações das aprendizagens, realizadas ao longo de todo o mestrado, para a prática futura como professor.

6.1 Discussão

Os resultados obtidos mostraram um extenso conjunto de dificuldades que os alunos enfrentaram nas tarefas desenvolvidas em aula. Destacaram-se especialmente as dificuldades relacionadas com a linguagem científica e a construção dos argumentos.

As dificuldades de linguagem são apontadas por Wellington (2000) como um dos grandes obstáculos na aprendizagem das ciências. Ao optar por uma estratégia, como é o caso da argumentação, na qual o uso da linguagem é central, é natural que este tipo de dificuldades surja com maior intensidade. Este autor, propõe uma taxonomia dos vocábulos científicos que pode ajudar a entender as dificuldades sentidas pelos alunos neste âmbito. O primeiro nível, que designa por «vocábulos substantivos», são vocábulos usados para indicar objetos ou entidades observáveis, como sejam: areia, cloreto de sódio, íman, termómetro, placa de aquecimento, copo, pipeta, etc. Neste nível as dificuldades são facilmente identificáveis e ultrapassáveis. Um segundo nível é constituído pelos «vocábulos que designam processos». Exemplos deste tipo de vocábulos são: diluição, ebulição, filtração, aquecimento, etc. Tal como no caso do primeiro nível, o significado deste tipo de vocábulos pode ser «mostrado» aos alunos. Comparando com o primeiro nível, os vocábulos do segundo nível têm de ser mostrados «em ação», para serem compreendidos. Algumas vezes não basta mostrar uma imagem ou uma descrição, sendo preferível, quando existe essa possibilidade, que os alunos executem os processos pessoalmente. O terceiro, e «mais amplo», dos níveis é o dos «vocábulos que designam conceitos»: força, interação, energia, temperatura, calor, líquido, viscosidade, dissolução, concentração mássica, etc. Foi neste tipo de vocábulos que os alunos encontraram a maioria das dificuldades. Existe ainda um quarto nível, mais abstrato ainda, que é constituído pela «linguagem matemática», com as suas expressões e símbolos próprios.

Wellington (2000) refere que a existência de diferentes significados para um mesmo vocábulo, no âmbito científico e no dia a dia, dá origem a dificul-

dades e equívocos. Isto foi observado em alguns casos. No entanto, a maioria das dificuldades surgiu no uso dos vocábulos que designam conceitos, como mostram os resultados apresentados. Neste âmbito se situam as dificuldades no uso da linguagem científica e também os conflitos com conhecimentos prévios, evidenciados na análise dos resultados. Os vocábulos «que designam conceitos» são usados para significar «construtos teóricos», que correspondem a representações mentais ou ideias abstratas. O desafio para o professor, é ser capaz de abordar e explicar os conceitos significados por este novo vocabulário, que muitas vezes estão em conflito com as concepções prévias dos alunos. Para o aluno, o grande desafio é conseguir construir significados adequados ao novo vocabulário. Quanto mais abstratos são os conceitos, maior necessidade há de recorrer a analogias ou modelos para os explicar (Evagorou & Osborne, 2010; Wellington, 2000). Ao formular os argumentos para defender as suas ideias, os alunos servem-se das representações mentais dos conceitos envolvidos, tornando explícita o seu maior ou menor ajustamento aos modelos científicos.

Os resultados mostraram diferentes concepções alternativas dos alunos, que têm um papel importante na dinâmica da argumentação, como se referiu no capítulo 2 (Henderson et al., 2015). Para comunicar, é necessário partilhar significados que resultam de uma interação social (Carvalho & Conboy, 2013), que é facilitada pela prática da argumentação. A compreensão que cada aluno adquire das concepções científicas, resulta da integração entre a informação recebida, através de um texto, um esquema ou das discussões, e os seus conhecimentos prévios (Evagorou & Osborne, 2010). Se as concepções prévias do aluno forem incompatíveis com as concepções científicas, as práticas de ensino deverão estimular a substituição de uma por outra (Chinn & Brewer, 1998). As dinâmicas de argumentação, ao exigirem dos alunos o esforço por comunicarem as suas ideias e compreenderem as dos outros, ajudaram a revelar diferenças e semelhanças entre as concepções de cada um e as concepções do professor ou dos textos fornecidos. No final deste processo, espera-se que as concepções dos alunos se aproximem mais das concepções científicas.

As ideias científicas, especialmente as mais abstratas e complexas, de acordo com Evagorou e Osborne (2010), são construídas hierárquica e cumulativamente. Os alunos começam por ser confrontados com modelos simplifi-

cados, associados a fenômenos muito controlados, muitas vezes para evidenciar a relação existente entre duas variáveis apenas. Progressivamente vão incorporando novos dados, compreendendo que há mais variáveis em jogo e estabelecendo relações cada vez mais complexas entre os conhecimentos adquiridos. Assim se compreende que os «vocábulo do nível superior da taxonomia, . . . apenas tenham sentido num contexto teórico» (Wellington, 2000, p. 170). Este contexto tem de ser compreendido previamente pelos alunos para poderem construir uma ideia adequada do novo vocabulário. Os resultados obtidos evidenciaram as dificuldades encontradas pelos alunos ao serem confrontados com novos dados que não eram explicados adequadamente pelas suas concepções prévias. São exemplo desta situação as dificuldades em compreender a diferença entre o cheiro associado a uma mistura e a uma substância; a diferença entre diluição e dissolução; a identificação de variáveis dependentes e independentes ou interpretação das observações feitas durante a separação de materiais.

Evagorou e Osborne (2010) afirmam que «uma tarefa essencial do professor de ciências é mostrar como é que o vocábulo é usado em contextos apropriados e explicar qual o significado que lhe está associado» (p. 140). Para isso, é necessário um investimento prolongado no tempo, ajudando cada aluno a interpretar e a construir significados a partir de enunciados científicos e criando ocasiões diversificadas para usar e ganhar familiaridade com este tipo de linguagem. A argumentação revelou ter potencialidade para revelar os conflitos com as concepções prévias dos alunos e assim permitir ao professor orientar a aprendizagem no sentido de as aproximar das concepções científicas.

Também foram identificadas dificuldades no campo da simbologia e esquematização próprias da ciência. Os símbolos, os gráficos, as tabelas de dados, ou as relações matemáticas, têm como fim captar e comunicar ideias ou conceitos que seriam difíceis de partilhar com uma narrativa escrita ou verbal (Evagorou & Osborne, 2010). Verificou-se que algumas vezes os alunos não compreendiam parte da informação convencional que os gráficos ou as tabelas continham. Mesmo quando conseguem usar os dados de um gráfico ou de uma tabela, é útil gastar tempo explicando alguns aspetos menos evidentes desse tipo de representações, como seja, por exemplo, a diferença entre variáveis dependentes e independentes e o modo habitual de as representar.

Só tendo esta percepção conseguirão mais tarde interpretar relações mais complexas entre variáveis, bem como compreender o modo mais adequado de expressar (Millar, 2010).

Nalgumas situações, a dificuldade não está associada, especificamente, à compreensão da linguagem científica, mas à agilidade e competência no uso da linguagem comum, no contexto científico. Por esta razão, é importante proporcionar aos alunos oportunidades para ler, falar e escrever sobre temas científicos (Evagorou & Osborne, 2010; Festas & Castro, 2013). O modo como foram planificadas as aulas, com momentos de trabalho autónomo, em pares ou em grupo, promovendo a justificação das suas respostas de modo convincente, foram geradoras de um ambiente que estimulava a pesquisa de informação, e a construção e discussão de argumentos. A solicitação de registos escritos individuais das respostas, proporcionou ocasiões para ler, refletir e escrever sobre os temas abordados. Os resultados apresentados mostram o empenho dos alunos por tentar compreender e usar adequadamente a linguagem e os conceitos introduzidos. As discussões coletivas foram ocasiões para confrontar diferentes perspetivas e argumentos sobre as questões abordadas, reconhecer as potencialidades e limitações de cada uma e procurando em conjunto uma compreensão mais profunda e completa dos fenómenos, e tanto quanto possível, próxima dos modelos científicos vigentes.

No que diz respeito à construção dos argumentos, foram notadas particularmente as dificuldades na apresentação de evidências, na justificação e na formulação de contra-argumentos. A identificação de evidências, tal como a observação, é um processo dependente da teoria e está associado a uma interpretação (Osborne & Dillon, 2010). A informação que os alunos procuram ou as observações que registam, tendem muitas vezes a confirmar as conceções que possuem ou as que julgam ajustar-se às do professor (Zeidler, 1997). Este mesmo autor salienta que os professores devem compreender que os indivíduos tendem a proteger as suas conceções prévias, perante posições contrárias às suas, especialmente quando se tratam de conceções profundamente enraizadas e abrangentes. Esta situação conduz com frequência a raciocínios logicamente inadequados. Algumas das razões apontadas para a formulação de argumentos inadequados são: a tendência a apoiar as afirmações alinhadas com as suas convicções, ignorando ou rejeitando as que as contrariam;

justificar uma conclusão com base em premissas cuja validade não foi confirmada; fazer generalizações apressadas com base em evidências insuficientes; confiar excessivamente nas suas experiências prévias para apoiar conclusões, mesmo quando há possibilidade de recolher mais evidências para fortalecer os argumentos; ou sustentar afirmações, não verificadas, sobre o contexto da questão, que correspondem a uma alteração das condições dadas ou a uma interpretação subjetiva inadvertida.

Os resultados revelaram exemplos de dificuldades na construção de argumentos, perante dados que não eram explicados adequadamente pelas conceções prévias dos alunos, e que vão ao encontro das relações apontadas por Zeidler (1997). Entre outras, foram encontradas situações em que os alunos apoiavam o seu argumento no facto da substância ter entrado em ebulição a 100 °C, sem terem medido a temperatura; em que afirmavam que a água chegava mais rapidamente à ebulição sem terem dados sobre a dependência entre a energia fornecida e o tempo de aquecimento; ou em que concluem que as bolhas que se formam na seringa com água são constituídas por ar, apesar de os dados fornecidos afirmarem que só havia água na seringa; etc. Em todos estes casos observam raciocínios falaciosos que são resultado de uma resistência à mudança conceitual.

Ao mesmo tempo que suscitou conflitos cognitivos, a realização das tarefas proporcionou o desenvolvimento de competências previstas no currículo e o uso de estratégias diversificadas para resolver as dificuldades. Destacaram-se a pesquisa de informações nos textos fornecidos ou no manual; a resolução de problemas envolvendo a manipulação de materiais, a planificação de atividades, a previsão e avaliação de resultados, a observação e interpretação de dados, etc.; e o trabalho colaborativo e a exposição e defesa de ideias, associado às discussões em pequeno grupo ou em turma. O apoio do professor revelou-se fundamental em cada uma das estratégias referidas. Este apoio concretizou-se de diferentes formas, como por exemplo: estimulando o aprofundamento das questões, a formulação de argumentos convincentes apoiados em evidências e a construção de significados partilhados através da discussões; questionando as conceções e interpretações dos alunos; respondendo a dúvidas ou promovendo a reflexão sobre os processos de raciocínio e as formas de resolução dos problemas (Adey & Serret, 2010).

A análise dos dados obtidos permitiu igualmente conhecer a avaliação que os alunos fizeram das tarefas, tanto no que diz respeito à relevância para as suas aprendizagens, como aos aspetos que podem ser melhorados. As respostas dadas pelos alunos, na entrevista em grupo focado, mostraram que o uso da argumentação permitiu uma melhor compreensão dos conceitos abordados e uma maior autonomia na exploração das questões com as quais foram confrontados. A melhor compreensão dos conceitos está ligada ao facto dos alunos se terem sentido obrigados a fundamentar a suas ideias em evidências e a envolver-se não apenas fisicamente¹ nas questões, manipulando materiais ou pesquisando informação, por exemplo, mas também intelectualmente², procurando refletir sobre as suas ideias, construir argumentos convincentes e tentando compreender os dos outros (Evagorou & Osborne, 2010; Millar, 2010).

Quanto às recomendações futuras os alunos reconheceram a importância de valorizar as ideias de todos, mesmo as que estão erradas, e que a partir do erro é possível aprender. Isto está de acordo com o que indicam Henderson et al. (2015) quando referem que o reconhecimento «da natureza falível da razão humana» (p. 1684) favorece a orientação dos alunos para a aprendizagem³, em oposição a uma orientação para a avaliação⁴, favorecida por uma «cultura focada somente na obtenção da ‘resposta correta’». Os alunos mencionaram ainda a importância de prestar atenção às ideias dos colegas, sem se limitar a defender as próprias. Esta perspetiva é fundamental para ultrapassar o obstáculo que resulta de considerar a crítica das ideias contrárias como uma ofensa ou uma fonte de conflito, e está em sintonia com o que também referem Henderson et al. (2015): é necessário que «os participantes entendam que objetivo da argumentação [usando a crítica] não é desprezar o indivíduo, mas antes construir uma compreensão mais profunda da ideia considerada e que todos possam partilhar» (p. 1675).

¹ «Hands-on».

² «Minds-on».

³ «Mastery orientation».

⁴ «Performance orientation».

6.2 Conclusão

Os resultados recolhidos durante a intervenção permitiram concluir que os alunos desenvolveram um conjunto de aprendizagens, em diferentes domínios, que estão em sintonia com as recomendadas pelas orientações e metas curriculares para as Ciências Físico-Químicas no 3.º ciclo do ensino básico. O desenvolvimento de tarefas construídas com o objetivo de promover a argumentação proporcionou aos alunos ocasiões de ler, falar e escrever, refletindo sobre temáticas abordadas, em contextos variados. Entre outras situações, os alunos pesquisaram e interpretaram dados em diferentes formatos; formularam previsões para fenómenos que depois executaram e procuraram explicar; comunicaram as suas ideias aos colegas da turma, justificando-as com base em evidências; elaboraram argumentos para apoiar as suas respostas; selecionaram, apoiando-se em critérios explicitados, a mais adequada de duas ou mais explicações para um mesmo fenómeno; confrontaram explicações científicas com conceções do senso comum; observaram, registaram e refletiram sobre os resultados obtidos em atividades laboratoriais; etc.

O uso de expressões indutoras da estrutura dos argumentos, revelou-se útil para orientar a sua elaboração. As discussões coletivas despertaram a atenção para a necessidade de apoiar as conclusões em evidências e enquadrar as explicações e observações em modelos científicos adequados. Solicitar aos alunos a defesa das suas ideias perante os colegas, mostrou ser geradora de um envolvimento mais forte nas temáticas abordadas. O estímulo da reflexão sobre os argumentos apresentados e a solicitação de contra-argumentos, ajudou os alunos a assumir uma atitude, simultaneamente, construtiva e crítica relativamente às suas próprias conceções e às dos outros.

As tarefas mostraram-se muito exigentes, tanto no domínio do raciocínio como no domínio da linguagem, o que se revelou nas dificuldades encontradas. A estrutura das aulas permitiu aos alunos usar um conjunto diversificado de estratégias para ultrapassar essas dificuldades. A complexidade das tarefas pode ser facilmente ajustada, quer na fase prévia de construção, quer durante o seu desenvolvimento, permitindo percursos diferenciados para os alunos, fomentando o trabalho colaborativo e a otimização das aprendizagens de cada um.

Na entrevista, os alunos mencionaram ter aprendido mais neste tipo de tarefas, quando comparadas com aulas expositivas. Mencionaram também que a estrutura das tarefas realizadas lhes concedeu uma maior autonomia, obrigando-os a aprender por si próprios, e reconheceram que as aprendizagens realizadas tinham interesse para o seu dia a dia e a sua vida futura. A oportunidade de manipular autonomamente os materiais foi valorizada muito positivamente, confirmando que, orientada adequadamente, permite uma melhor compreensão dos fenómenos bem como a revelação e a crítica das suas conceções prévias.

6.3 Reflexão final

Num documento recente, Schleicher (2015b) apresenta um conjunto de competências referidas em estudos empíricos como características da excelência na profissão docente. Se tivesse conhecido essa lista de competências antes de decidir seguir uma carreira docente, teria, com certeza, desistido de tal ideia. Um bom professor, deve ter, não só um sólido conhecimento das matérias que ensina, mas também um amplo conhecimento pedagógico; sensibilidade para a diversidade e a autonomia de cada aluno; agilidade para suscitar desafios de desenvolvimento pessoal cativantes; habilidade para mostrar um vivo interesse pelas aprendizagens de cada aluno; fortes competências no âmbito da comunicação, da organização pessoal, de gestão de aula, de resolução de problemas, de trabalho em equipa, de investigação, etc.

Após a frequência deste mestrado fiquei com maior consciência das minhas limitações, mas também das possibilidades ao meu alcance para poder desenvolver as competências necessárias para desempenhar, de modo cada vez mais eficaz, a profissão docente. O conhecimento de alguns estudos na área da educação em ciências, abriu-me um horizonte mais extenso de práticas que se têm mostrado fecundas para o desenvolvimento das aprendizagens dos alunos. A possibilidade de explorar uma temática específica num trabalho de cariz investigativo, mostrou-me como identificar dificuldades e estratégias dos alunos, que ajudem orientar as práticas de ensino e corresponder às necessidades e características de cada um. Os comentários e sugestões dos professores que assistiram às minhas intervenções, foram essenciais para

tomar consciência de aspetos concretos a corrigir, aos quais de outro modo não teria dado a devida importância. O apoio e a supervisão dos professores orientadores e do professor cooperante, estimulou o uso de estratégias com as quais tinha pouca familiaridade, ajudando a ultrapassar obstáculos e a encontrar formas de minimizar os efeitos adversos da inexperiência.

Quando está em jogo o desenvolvimento pessoal dos alunos que lhe são confiados, o professor não se sente confortável para experimentar sozinho novas práticas nas quais não possui experiência. Embora conhecendo indiretamente as evidências da sua eficácia, a falta de experiência pode inibir o uso de práticas inovadoras. A suspeita de que uma má implementação possa ter efeitos adversos no desenvolvimento dos alunos, conduz à preferência pelas estratégias que já pôs em prática com bons resultados, ainda que conheça a existência de outras que poderiam ser melhores. O apoio de peritos ou pares mais experimentados facilita a introdução de novas estratégias de ensino (Gilbert, 2010) e o mestrado foi, sem dúvida, uma ocasião privilegiada para o fazer.

Quais os aspetos em que notei uma maior necessidade de desenvolvimento pessoal e profissional? Consciente de que se trata de uma lista redutora, pois tenho muitos pontos a melhorar, destacaria três. Uma melhor perceção das dinâmicas da aula, que permita perceber mais rapidamente o envolvimento de cada aluno nas tarefas e as necessidades específicas de cada um. Um controlo mais estrito dos objetivos definidos previamente, conseguindo simultaneamente aproveitar pontos de interesse não antecipados, sem perder o rumo previsto. Em terceiro lugar, uma gestão mais eficaz das discussões coletivas, sabendo aproveitar e estimular as contribuições de cada aluno, evitando expressar as conclusões às quais os alunos conseguem chegar autonomamente.

Relativamente ao futuro, e tendo em conta os resultados obtidos no âmbito da intervenção que foi objeto deste trabalho, gostaria de rever a forma como são abordadas as unidades didáticas das Ciências Físico-Químicas e procurar pôr em prática estratégias que tornem mais patentes as evidências que estão na origem dos conceitos abordados. Gostaria também, no âmbito da Química, de construir um plano de aprendizagem que facilitasse a compreensão gradual do modelo corpuscular e das suas manifestações macroscópicas, logo desde o início do estudo dos «materiais». Por último, no

7.º ano, gostaria de introduzir a unidade didática sobre a energia, antes de falar sobre transformações físicas e químicas, porque me parece que a compreensão daquele conceito facilitará as restantes aprendizagens no domínio da Química.

No final do percurso, não é fácil resumir as aprendizagens proporcionadas pela frequência do mestrado em ensino. Fazendo um esforço de reflexão para identificar três que considero mais significativas, numa primeira aproximação, poderei talvez indicar as seguintes: que cada aluno é diferente e tem capacidades que o professor pode ajudar a desenvolver criando ambientes de aprendizagem adequados; que a melhoria do desempenho da profissão docente é resultado de uma construção social que, tal como as aprendizagens dos alunos, requer um desenvolvimento pessoal contínuo tanto através do estudo pessoal como através da interação com pares mais experimentados; e que um conhecimento profundo dos modelos e teorias científicas que enquadram os conteúdos curriculares, tem de fundamentar qualquer boa prática pedagógica.

Voltando à afirmação inicial sobre as exigências da profissão docente, atrevo-me a expressar o desejo de que Deus me ajude a abandoná-la imediatamente se não a souber desempenhar adequadamente, quer por me dar conta dessa situação, quer por colocar ao meu lado pessoas com a suficiente confiança e firmeza para mo dizerem.

Referências

- Adey, P., & Serret, N. (2010). Science teaching and cognitive acceleration. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: what research has to say* (pp. 82–107). New York, NY: Open University Press.
- Afonso, N. (2005). *Investigação naturalista em educação: um guia prático e crítico*. Lisboa: Edições ASA.
- American Association for the Advancement of Science. (2016). *AAAS science assessment*. Washington, DC. Retirado de <http://assessment.aaas.org>
- Artigas, M. (1999). *Filosofía de la ciencia*. Barañáin: EUNSA.
- Atkins, P. W. (1990). *Physical chemistry* (5th ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Atkins, P. W., & Jones, L. (2010). *Chemical principles: the quest for insight* (5th ed.). New York, NY: W.H. Freeman.
- Belin, C. (2014). Deduction. In W. F. McComas (Ed.), *The language of science education: an expanded glossary of key terms and concepts in science teaching and learning* (p. 31). Boston: Sense Publishers.
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, (94), 765–793.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2011). Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, (95), 191–216.
- BIPM. (2006). *Le système international d'unités*. Paris: Bureau international des poids et mesures BIPM.
- Bogdan, R., & Biklen, S. K. (1992). *Qualitative research for education*. London: Allyn e Bacon.
- Burton, D., & Bartlett, S. (2005). *Practitioner research for teachers*. London: Paul Chapman.
- Byrnes, J. P., & Dunbar, K. N. (2014). The nature and development of critical-analytic thinking. *Educational Psychology Review*, 26(4), 477–493.

- Carvalho, C., & Conboy, J. (2013). Desenvolvimento cognitivo e da linguagem. In F. H. Veiga (Ed.), *Psicologia da educação: teoria, investigação e aplicação – envolvimento dos alunos na escola* (pp. 67–120). Lisboa: Climepsi.
- Chalmers, A. F. (2009). *The scientist's atom and the philosopher's stone: how science succeeded and philosophy failed to gain knowledge of atoms*. New York, NY: Springer.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, *63*(1), 1–49.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, *35*(6), 623–654.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). London: Routledge.
- Correia, M., & Freire, A. M. (2010). Práticas de avaliação de professores de ciências físico-químicas do ensino básico. *Ciências & Educação*, *16*, 1–15.
- Cowie, B. (2012). Focusing on the classroom: assessment for learning. In B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 679–690). Dordrecht: Springer.
- Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM). (2012). Lisboa: Instituto Português da Qualidade (IPQ).
- Csikszentmihalyi, M., & Hermanson, K. (1995). Intrinsic motivation in museums: why does one want to learn? In J. H. Falk & L. D. Dierking (Eds.), *Public institutions for personal learning: establishing a research agenda* (pp. 67–77). Washington, DC: American Association of Museums.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287–312.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (Eds.). (1994). *Making sense of secondary science: research into children's ideas*. London: Routledge.
- Erduran, S. (2008). Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 47–69). Dordrecht: Springer.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 119–161). New York, NY: Macmillan.

- 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* (pp. 135–157). New York, NY: Open University Press.
- Fermi, E. (1973). *Termodinâmica*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Festas, I., & Castro, S. L. (2013). Aprendizagens em áreas de conhecimento: leitura, escrita, compreensão, composição, ciências, estudos sociais. In F. H. Veiga (Ed.), *Psicologia da educação: teoria, investigação e aplicação – envolvimento dos alunos na escola* (pp. 395–444). Lisboa: Climepsi.
- Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. L. (2013). *Mainly mechanics, radiation, and heat*. The Feynman lectures on physics. Retirado de <http://www.feynmanlectures.info>
- Fiolhais, C., Ferreira, A. J., Constantino, B., Portela, C., Braguez, F., Ventura, G., ... Rodrigues, S. (2013). Metas curriculares do 3.º ciclo do ensino básico: Ciências Físico-Químicas. Lisboa: Ministério da Educação.
- Flick, U. (2005). *Métodos qualitativos na investigação científica*. Lisboa: Monitor.
- Ford, M. J. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404–423.
- Galvão, C., Neves, A., Freire, A. M., Sousa Lopes, A. M., Santos, M. C., Vilela, M. C., ... Pereira, M. (2001). Ciências físicas e naturais: orientações curriculares, 3.º ciclo. Lisboa: Ministério da Educação.
- García Hoz, V. (1969). La educación en el mundo actual. la actividad expresiva. *Revista Española de Pedagogía*, 27(107), 211–228.
- García Hoz, V. (1977). Objetivos de aprendizaje y formación mental. *Revista Española de Pedagogía*, 35(135), 3–18.
- García-Mila, M., & Andersen, C. (2008). Cognitive foundations of learning argumentation. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 29–45). Dordrecht: Springer.
- Gilbert, J. (2010). Supporting the development of effective science teachers. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: what research has to say* (pp. 274–300). New York, NY: Open University Press.
- Gillies, R. M. (2003). Structuring cooperative group work in classrooms. *International Journal of Educational Research*, 39, 35–49.
- Haynes, W. M. (2016). *CRC Handbook of chemistry and physics*. London: Taylor & Francis. Retirado de <http://www.hbcnetbase.com>

- Henderson, J. B., MacPherson, A., Osborne, J., & Wild, A. (2015). Beyond construction: five arguments for the role and value of critique in learning science. *International Journal of Science Education*, *37*(10), 1668–1697.
- Housecroft, C. E., & Constable, C. E. (2006). *Chemistry: an introduction to organic, inorganic and physical chemistry* (3rd ed.). Harlow: Pearson Prentice-Hall.
- Housecroft, C. E., & Sharpe, A. G. (2005). *Inorganic chemistry* (2nd ed.). Essex: Pearson.
- IUPAC. (2013). IUPAC periodic table of the isotopes. Retirado de http://www.ciaaw.org/pubs/Periodic_Table_Isotopes.pdf
- IUPAC. (2014). IUPAC compendium of chemical terminology (gold book). Retirado de <http://goldbook.iupac.org>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Designing argumentation learning environments. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 91–115). Dordrecht: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: an overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 3–27). Dordrecht: Springer.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2006). The role of analog models in the understanding of the nature of models in chemistry. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 119–130). Dordrecht: Springer.
- Kaye & Laby Online. (2005a). Tables of physical & chemical constants (16th edition 1995). 3.4.1 vapour pressure of ice at temperatures between –100 and 0°C. version 1.0. Retirado de <http://www.kayelaby.npl.co.uk>
- Kaye & Laby Online. (2005b). Tables of physical & chemical constants (16th edition 1995). 3.4.4 vapour pressures from 0.2 to 101.325 kpa. version 1.0. Retirado de <http://www.kayelaby.npl.co.uk>
- Kaye & Laby Online. (2008). Tables of physical & chemical constants (16th edition 1995). 2.2.1 densities. version 1.1. Retirado de <http://www.kayelaby.npl.co.uk>
- Kelly, G. J., Regev, J., & Prothero, W. (2008). Analysis of lines of reasoning in written argumentation. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 137–157). Dordrecht: Springer.
- Koshy, V. (2005). *Action research for improving practice: a practical guide*. London: Paul Chapman Publishing.
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, (94), 810–824.

- Lawson, A. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1387–1408.
- Malaca Casteleiro, J. (Ed.). (2001). *Dicionário da língua portuguesa contemporânea*. Lisboa: Academia das Ciências de Lisboa e Editorial Verbo.
- Maloney, J., & Simon, S. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1817–1841.
- Mansour, N., & Wegerif, R. (2013). Why science education for diversity? In N. Mansour & R. Wegerif (Eds.), *Science education for diversity: theory and practice* (pp. ix–xx). Dordrecht: Springer.
- Mayes, G. R. (2000). Resisting explanation. *Argumentation*, (14), 361–380.
- McKeon, M. W. (2013). On the rationale for distinguishing arguments from explanations. *Argumentation*, (27), 283–303.
- Merritt, J., & Krajcik, J. (2013). Learning progression developed to support students in building a particle model of matter. In G. Tsaparlis & H. Sevian (Eds.), *Concepts of matter in science education* (pp. 11–45). Dordrecht: Springer.
- Miles, M. B., & Huberman, M. (1994). *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook*. London: Sage Publications.
- Millar, R. (2010). Practical work. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: what research has to say* (pp. 108–134). New York, NY: Open University Press.
- Ministério da Educação e Ciência. (2013). Despacho normativo n. 7/2013, de 31 de maio de 2013. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência.
- Mohrig, J. R., Hammond, C. N., & Schatz, P. F. (2010). *Techniques in organic chemistry* (3rd ed.). New York, NY: W. H. Freeman.
- Morrell, P. D., & Carroll, J. B. (2010). *Conducting educational research: a primer for teachers and administrators*. Rotterdam: Sense Publishers.
- National Research Council. (2007). *Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. (2014). *Developing assessments for the next generation science standards*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- OECD. (2008). *Encouraging student interest in science and technology studies*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2013a). *PISA 2012 assessment and analytical framework mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. Paris: OECD Publishing.

- OECD. (2013b). *PISA 2012 results: what students know and can do - student performance in mathematics, reading and science (Volume I)*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2015). *Schooling redesigned: towards innovative learning systems. Educational research and innovation*. Paris: OECD Publishing.
- Ogborn, J. (2002). Ownership and transformation: teachers using curriculum innovation. *Physics Education*, *37*, 142–146.
- Oldroyd, D. R. (1986). *The arch of knowledge: an introductory study of the history of the philosophy and methodology of science*. New York, NY: Methuen.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2010). How science works: what is the nature of scientific reasoning and what do we know about students' understanding? In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: what research has to say* (pp. 20–45). New York, NY: Open University Press.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004a). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*, 994–1020.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004b). *Ideas, evidence and argument in science: resources pack*. London: King's College.
- Osborne, J., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, *82*(301), 63–70.
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: a necessary distinction? *Science Education*, *95*(4), 627–638.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). London: Sage Publications.
- Ponte, J. P., Quaresma, M., & Pereira, J. M. (2015). É mesmo necessário fazer planos de aula? *Educação e Matemática*, (133), 26–35.
- Ritchie, J. (2003). The applications of qualitative methods to social research. In J. Ritchie & J. Lewis (Eds.), *Qualitative research practice: a guide for social science students and researchers* (pp. 24–46). London: Sage Publications.
- Roldão, M. C. (2009). *Estratégias de ensino: o saber e o agir do professor*. V. N. Gaia: Fundação Manuel Leão.
- Ryu, S., & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, *96*, 488–526.
- Schleicher, A. (2015a). *Schools for 21st-century learners: strong leaders, confident teachers, innovative approaches*. Paris: OECD Publishing.

- Schleicher, A. (2015b). *Teaching excellence through professional learning and policy reform: lessons from around the world*. Paris: OECD Publishing.
- Seidman, I. (2006). *Interviewing as qualitative research: a guide for researchers in education and the social sciences* (3rd ed.). New York, NY: Teachers College Press.
- Sevian, H., Talanquer, V., Bulte, A. M. W., Stacy, A., & Claesgens, J. (2014). Development of understanding in chemistry. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), *Topics and trends in current science education: 9th ESERA conference selected contributions* (pp. 291–306). Dordrecht: Springer.
- Shakespeare, D. (2003). Starting an argument in science lessons. *School Science Review*, 85(311), 103–108.
- Simon, S., & Maloney, J. (2007). Activities for promoting small-group discussion and argumentation. *School Science Review*, 88(324), 49–57.
- Solomons, T. W. G., & Fryhle, C. B. (2011). *Organic chemistry* (10th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley e Sons.
- Taber, K. S. (2009). *Progressing science education*. Dordrecht: Springer.
- Taveira, M. d. C. (2013). Aprendizagem: abordagens cognitivistas. In F. H. Veiga (Ed.), *Psicologia da educação: teoria, investigação e aplicação – envolvimento dos alunos na escola* (pp. 219–261). Lisboa: Climepsi.
- Tiberghien, A. (2008). Foreword. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. ix–xv). Dordrecht: Springer.
- Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Crowley, J., Yung, B. H. W., Cheong, I. P.-A., & Othman, J. (2010). Evaluating students’ understanding of kinetic particle theory concepts relating to the states of matter, changes of state and diffusion: a cross-national study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 141–164.
- Tsaparlis, G., & Sevian, H. (Eds.). (2013a). *Concepts of matter in science education*. Dordrecht: Springer.
- Tsaparlis, G., & Sevian, H. (2013b). Toward a scientifically sound understanding of concepts of matter. In G. Tsaparlis & H. Sevian (Eds.), *Concepts of matter in science education* (pp. 485–520). Dordrecht: Springer.
- Ward, P. (2014). Action research. In W. F. McComas (Ed.), *The language of science education: an expanded glossary of key terms and concepts in science teaching and learning* (p. 3). Boston: Sense Publishers.
- Wellington, J. J. (2000). *Teaching and learning secondary science: contemporary issues and practical approaches*. London: Routledge.
- Wright, L. (2002). Reasoning and explaining. *Argumentation*, (16), 33–46.
- Zeidler, D. L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education*, 81, 483–496.

- Zohar, A. (2008). Science teacher education and professional development in argumentation. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 245–268). Dordrecht: Springer.
- Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2007). *Chemistry* (7th ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin.

Apêndices

Apêndice A

Planificação das aulas

Os planos de aula, como foi referido na secção 3.2, foram elaborados tendo por base a estrutura sugerida por Ponte et al. (2015). No que diz respeito ao problema de investigação os objetivos das tarefas foram definidos partindo dos esquemas propostos por Osborne et al. (2004b).

A.1 Tarefa 1

Nesta tarefa é pedido aos alunos para identificar diferentes materiais com base em algumas das suas propriedades. Na primeira parte são fornecidas evidências escritas e é pedido aos alunos para mobilizarem os seus conhecimentos prévios para responder à questão se o gás natural tem cheiro. Na segunda parte, são fornecidas evidências escritas e são apresentados seis materiais que os alunos têm de identificar com base na informação fornecida e nas observações realizadas. Os alunos têm de trabalhar em pares e em grupos de quatro elementos. No final de cada parte, alguns pares ou grupos apresentam à turma as conclusões elaboradas e realiza-se a discussão coletiva.

O objetivo geral desta tarefa é criar contextos que permitam aos alunos reconhecer propriedades que permitam distinguir e identificar diferentes materiais.

Os objetivos específicos de aprendizagem são: reconhecer que as propriedades de uma mistura dependem das propriedades dos seus componentes; reconhecer que substâncias diferentes podem ter algumas propriedades semelhantes, mas têm pelo menos uma propriedade diferente; proporcionar uma oportunidade de manipular materiais e registar observações (como por exemplo: verificar a condutibilidade elétrica de um metal, a atração por um íman, a solubilidade de um sal em água, a viscosidade de um fluido, a fusão de um sólido quando aquecido, a mudança de cor associada a uma transformação

Quadro A.1: Material de laboratório usado na parte 2 da tarefa 1

Materiais	2 placas de ferro; 2 placas de alumínio; 100 cm ³ de glicerol; 100 cm ³ de água; 100 g de sacarose e 70 g de cloreto de sódio.
Equipamento de laboratório	1 circuito elétrico aberto com uma lâmpada ligada a uma pilha de 9 V; 2 ímãs; 2 placas de aquecimento; 2 balanças; 4 vidros de relógio; 6 copos de 50 cm ³ ; 2 pipetas graduadas de 2 cm ³ ; 2 pompets; 8 tubos de ensaio; 2 pinças para tubos de ensaio; 4 espátulas; varetas de vidro.

química ou a ebulição de um líquido); usar evidências para apoiar afirmações sobre as propriedades dos materiais; trabalhar em pares na parte 1 e em grupos de quatro na parte 2 para elaborar as respostas às questões.

Os alunos deverão ter conhecimentos prévios sobre: os estados físicos da matéria; misturas e substâncias; transformações físicas e químicas; algumas propriedades organolépticas, como a cor ou o cheiro; conhecimentos sobre solubilidade, corrente elétrica, magnetismo e transferências de calor; compreender que a massa, o volume, a temperatura e a pressão não permitem distinguir as substâncias, mas que é necessário conhecê-las para poder comparar as suas propriedades.

A aula está estruturada em dez segmentos e foi desenvolvida em três períodos de 55 minutos. O primeiro período de 55 minutos inclui: a introdução da parte 1, a resolução da questão da parte 1 (trabalho autônomo), a discussão coletiva e a síntese da parte 1. O segundo período inclui: a introdução da parte 2 (trabalho laboratorial), resolução das questões da parte 2 (trabalho autônomo) e a conclusão do trabalho laboratorial. O terceiro e último período inclui: a introdução da discussão dos resultados da parte 2, a discussão coletiva e a síntese final, incluindo a resposta à reflexão individual sobre a tarefa. No quadro A.2 apresenta-se a planificação detalhada dos dez segmentos da aula.

Os recursos usados são as fichas de trabalho com a tarefa, as folhas de dados das partes 1 e 2, o manual da disciplina, o material de laboratório listado no quadro A.1 e o quadro.

Quadro A.2: Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 1

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Introdução	5	Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos podem colocar dúvidas sobre o enunciado ou sobre o funcionamento da aula.	Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula. Pedir a um aluno para ler o texto de introdução. Responder às questões dos alunos.	Compreender a informação fornecida e o que é pedido na tarefa.
Resolução da questão 1 (trabalho autónomo)	15	Ler a informação fornecida e formular uma ideia para responder à questão. Encontrar dados que apoiem a ideia formulada e discutir, com o par, de que modo os dados apoiam a ideia. Identificar possíveis argumentos que contrariem a ideia formulada e discutir com o par como responder aos contra-argumentos.	Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o par.	Reconhecer que o gás natural é uma mistura de substâncias e que nenhuma delas tem cheiro quando o gás é extraído das jazidas. Compreender que antes do gás ser fornecido aos consumidores é adicionada, por razões de segurança, uma substância que tem cheiro.

Quadro A.2: Desenvolvimento da aula (tarefa 1, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
		<p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – interpretar a informação fornecida; – identificar as evidências que apoiam a sua resposta; – chegar a um consenso, se os elementos do par tiverem ideias contrárias; – reconhecer argumentos que contrariam a sua resposta, se os elementos do par tiverem ideias semelhantes; 	<p>Esclarecer as dúvidas de interpretação da informação fornecida.</p> <p>Se mostrarem dificuldade na identificação de evidências, perguntar qual a sua resposta para a questão do cheiro do gás natural e incentivá-los a procurar dados no texto fornecido que possam apoiar ou contrariar a ideia formulada.</p> <p>Se tiverem dificuldade em chegar a um consenso sugerir que avaliem se os dados que apresenta o outro elemento do par são mais robustos ou mais débeis que os seus.</p> <p>Se tiverem dificuldade em encontrar argumentos que contrariem a sua ideia, colocar-lhes questões que os ajudem a pensar na hipótese contrária à sua (por exemplo: se os alunos disserem que o gás natural tem cheiro, perguntar se todos os componentes do gás natural têm cheiro, etc.).</p>	

Quadro A.2: Desenvolvimento da aula (tarefa 1, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
		<ul style="list-style-type: none"> – compreender o mecanismo pelo qual se sente o cheiro de uma substância; – compreender que nem todas as substâncias têm cheiro. 	<p>Se mostrarem dificuldade na compreensão do mecanismo pelo qual se sente o cheiro, explicar que para se poder sentir o cheiro, a substância tem de estar no estado gasoso e tem de entrar em contacto com os sensores olfativos humanos e interagir com estes.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em compreender que nem todas as substâncias têm cheiro, perguntar se sentem o cheiro da água, ou do oxigénio, ou do dióxido de carbono que existe no ar.</p>	
Discussão coletiva da questão 1	25	Alguns pares apresentam as suas ideias e os colegas podem formular questões ao par que está a apresentar.	<p>Pedir a um par para apresentar a sua resposta à questão e os dados que a apoiam. Perguntar quais são os pares que não estão de acordo com esta ideia e dar-lhes oportunidade de formular questões aos colegas. Se o par que está a apresentar não souber responder a alguma questão, dar oportunidade de o fazer a outro dos pares. Procurar manter o foco nos dados que apoiam as ideias. Escrever no quadro os dados que apoiam a afirmação de que o gás natural tem cheiro e as que a contrariam. Formular uma explicação para as diferenças encontradas.</p>	Apresentar ideias justificadas com evidências; considerar os argumentos contrários e colocar questões que suscitem relações entre os dados e as ideias formuladas.

Quadro A.2: Desenvolvimento da aula (tarefa 1, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Síntese da parte 1	5	Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão.	Resumir os principais dados apresentados. Recordar que a segunda parte da aula se realizará no laboratório.	Compreender que nem todas as substâncias que inspiramos têm cheiro; que o componente adicionado ao gás natural só se consegue cheirar se não sofrer transformação química (que ocorre habitualmente durante a combustão).
Introdução da parte 2	5	Os alunos podem colocar dúvidas sobre o funcionamento desta parte da aula	Recordar que a aula se vai realizar no laboratório e que no laboratório não põe nada na boca, não se cheira, nem se toca nos reagentes com as mãos. Responder às questões dos alunos.	Levar bata, material de escrita, o enunciado da parte 2 e a folha de dados anexa à tarefa.
Distinguir as substâncias A e B (trabalho autónomo)	15	Identificar as propriedades comuns às duas substâncias. Selecionar os testes mais adequados para as distinguir. Registrar as observações feitas e formular as conclusões.	Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o grupo. Verificar se os testes propostos são adequados.	Reconhecer algumas propriedades que as substâncias A e B têm em comum e identificar que são ferro e alumínio. Observar que a substância A é atraída pelo íman e concluir que é o ferro. Observar que a substância B não é atraída pelo íman e concluir que é o alumínio.

Quadro A.2: Desenvolvimento da aula (tarefa 1, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspectos	Objetivos e avaliação
Distinguir as substâncias C e D (trabalho autônomo)	15	<p>Identificar as propriedades comuns às duas substâncias. Selecionar os testes mais adequados para as distinguir.</p> <p>Registrar as observações feitas e formular as conclusões.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Descrever o teste realizado para verificar a diferente viscosidade das substâncias. 	<p>Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o grupo. Verificar se os testes propostos são adequados.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em descrever o teste realizado para verificar a viscosidade, questioná-los sobre o que fizeram e sugerir que escrevam isso mesmo.</p>	<p>Reconhecer algumas propriedades que as substâncias C e D têm em comum e identificar que são glicerol e água. Observar que a substância C é mais viscosa que a D e concluir que é o glicerol. Poderão também aquecer ambas as substâncias e observar que a C fica menos viscosa (mais fluida) quando é aquecida, e que a D entra em ebulição ao fim de algum tempo de aquecimento, enquanto a C não se vê entrar em ebulição. Concluir que estes testes confirmam que a C é o glicerol e a D a água.</p>

Quadro A.2: Desenvolvimento da aula (tarefa 1, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Distinguir as substâncias E e F (trabalho autónomo)	15	<p>Identificar as propriedades comuns às duas substâncias. Selecionar os testes mais adequados para as distinguir. Registrar as observações feitas e formular as conclusões.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Determinar a massa das substâncias que permite verificar a diferente solubilidade. 	<p>Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o grupo. Verificar se os testes propostos são adequados.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em determinar a massa adequada para verificar a solubilidade, questionar o que aconteceria se tentarem dissolver 1 g (ou outro valor concreto) de cada uma das substâncias em 1 cm^{-3} água.</p>	<p>Reconhecer algumas propriedades que as substâncias E e F têm em comum e identificar que são sacarose e NaCl. Observar que se conseguem dissolver 2 g da substância E em 1 cm^{-3} de água e concluir que é a sacarose. Observar que não se conseguem dissolver 2 g da substância F em 1 mL de água e concluir que é o NaCl. Poderão também aquecer as substâncias E e F e verificar que a E funde e muda de aspeto quando aquecida e que a F não muda de aspeto quando aquecida. Concluir que estes testes confirmam que a E é a sacarose e a F o NaCl.</p>
Finalização da parte laboratorial	5	<p>Recolher os registos e deixar a bancada do laboratório ordenada.</p>	<p>Lembrar que na próxima aula se fará a discussão das conclusões formuladas e das observações que as justificam; que devem recolher os registos e trazê-los para a aula.</p>	<p>Realizar os registos individuais e contribuir para que o laboratório fique ordenado.</p>

Quadro A.2: Desenvolvimento da aula (tarefa 1, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Introdução da discussão dos resultados da parte 2	5	Cada aluno deverá ter a folha de registos individual. Podem colocar dúvidas sobre o modo como se vai desenrolar a discussão.	Pedir a cada um dos alunos para pegar nos registos individuais e noutros recursos que possam ser úteis para a discussão. Explicar como se vai desenrolar a discussão. Responder às questões dos alunos.	Mostrar compreensão sobre a atitude esperada durante a discussão.
Discussão coletiva das questões da parte 2	35	Alguns grupos apresentam as conclusões, os testes e as observações em que se basearam para distinguir os pares de substâncias. Os colegas podem formular questões ao grupo sobre os testes realizados e os resultados obtidos.	Pedir a um grupo para apresentar as suas conclusões sobre as substâncias A e B e as evidências que as apoiam. Dar oportunidade aos colegas para formular questões sobre as evidências apresentadas. Se o grupo que está a apresentar não souber responder a alguma questão, dar oportunidade de o fazer, a outro dos grupos. Procurar manter o foco nas evidências observadas no laboratório. Escrever no quadro as conclusões formuladas e as evidências que as justificam. Repetir este processo para os pares de substâncias C/D e E/F.	Apresentar as conclusões justificadas com as observações feitas; considerar os argumentos contrários e colocar questões que suscitem relações entre as observações e as conclusões formuladas.
Síntese final e reflexão individual	10	Compreender os principais objetivos da tarefa e responder à reflexão individual.	Resumir os principais objetivos da tarefa e pedir aos alunos para responderem à reflexão individual sobre a tarefa.	Reconhecer que substâncias diferentes podem ter algumas propriedades semelhantes, e identificar propriedades que permitam distinguir substâncias.

A.2 Tarefa 2

Nesta tarefa é pedido aos alunos para identificar algumas características dos estados físicos da água. Na primeira parte são apresentadas aos alunos três afirmações relacionadas com a água e pede-se que justifiquem, com base em evidências, se as afirmações são verdadeiras ou falsas. Na segunda parte, os alunos visualizam um vídeo da Estação Espacial Internacional, no qual um astronauta mostra como joga ping-pong com uma bola totalmente feita de água. Apresentam-se quatro explicações possíveis para o comportamento da água, observado no vídeo, e pede-se que os alunos escolham, com base em evidências, qual a explicação mais adequada. Em ambas as partes os alunos trabalham em pares. No final de cada parte, alguns pares apresentam à turma as conclusões elaboradas e realiza-se a discussão coletiva.

O objetivo geral desta tarefa é criar contextos que permitam aos alunos construir argumentos para justificar o comportamento da água em diferentes estados e sistemas físicos.

Os objetivos específicos de aprendizagem são: identificar diferentes características dos estados físicos da água; usar evidências para apoiar ou contestar afirmações sobre o comportamento da água em diferentes estados e sistemas físicos; usar evidências para avaliar diferentes explicações para um mesmo fenómeno; trabalhar em pares para elaborar as respostas às questões.

Os alunos deverão ter alguns conhecimentos prévios sobre: peso e força gravítica; os estados físicos da matéria; misturas homogéneas e heterogéneas; misturas coloidais; transformações físicas; saturação de vapor; viscosidade de um líquido e algumas noções sobre o modelo corpuscular da matéria.

A aula está estruturada em oito segmentos e foi desenvolvida em dois períodos de 55 minutos. O primeiro período de 55 minutos inclui: a introdução da parte 1, a formulação de argumentos que justifiquem se as afirmações (I), (II) e (III) são verdadeiras ou falsas (trabalho autónomo), a discussão coletiva e a síntese da parte 1. O segundo período inclui: a introdução da parte 2, a resolução das questões 1 e 2 (trabalho autónomo), a discussão coletiva e a síntese final, incluindo a resposta à reflexão individual sobre a tarefa. No quadro A.3 apresenta-se a planificação detalhada dos oito segmentos da aula.

Os recursos usados são as fichas de trabalho com a tarefa; uma folha de dados e um vídeo para a parte 2; o manual da disciplina e o quadro.

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 2

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Introdução	5	Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa e a lista de evidências sobre os estados físicos da água. Os alunos podem colocar dúvidas sobre o enunciado ou sobre o funcionamento da aula.	Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula. Pedir a um aluno para ler o texto de introdução e a lista de evidências. Responder às questões dos alunos.	Compreender a informação fornecida e o que é pedido.
Discussão sobre a veracidade ou falsidade da afirmação (I) e construção de argumentos que apoiem a resposta dada (trabalho autónomo)	5	Discutir em pares se a afirmação é verdadeira ou falsa. Construir argumentos que apoiem a opção relativa à veracidade ou falsidade da afirmação. <i>Possíveis dificuldades:</i> – reconhecer que a água pode passar ao estado gasoso a temperaturas inferiores a 100 °C.	Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos e encontrar relações com a afirmação; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o par. Se mostrarem dificuldade em reconhecer que a água pode passar ao estado gasoso a temperaturas inferiores a 100 °C, questionar se há vapor de água no ar, de onde vem essa água e a que temperatura está.	Reconhecer que a afirmação é falsa, pois a água pode passar ao estado gasoso a temperaturas inferiores a 100 °C. Apontar a 2 ^a , a 4 ^a ou outra evidência adequada, para apoiar esta conclusão.

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula (tarefa 2, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Discussão sobre a veracidade ou falsidade da afirmação (II) e construção de argumentos que apoiem a resposta dada (trabalho autónomo)	5	<p>Discutir em pares se a afirmação é verdadeira ou falsa. Construir argumentos que apoiem a opção relativa à veracidade ou falsidade da afirmação.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – reconhecer que se o nevoeiro fosse apenas água no estado gasoso não se veria; – reconhecer que gotículas de água suficientemente pequenas podem manter-se suspensas no ar. 	<p>Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos e encontrar relações com a afirmação; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o par.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que o nevoeiro não é apenas água no estado gasoso, questionar se há ar no nevoeiro, como é constituído o ar e se é possível vê-lo.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que gotículas de água suficientemente pequenas podem manter-se suspensas no ar, questionar se alguma vez viram grãos de poeira suspensos no ar e o que aconteceria se as gotículas de água tivessem tamanho semelhante a grãos de poeira.</p>	<p>Reconhecer que a afirmação é falsa, pois o nevoeiro <i>não</i> é constituído apenas por água no estado gasoso. Compreender que uma mistura gasosa é constituída por uma só fase e não se consegue ver. Compreender que numa mistura heterogénea ou numa mistura coloidal há mais do que uma fase. Apontar a 3^a, a 5^a ou outra evidência adequada, para apoiar a falsidade da afirmação (II).</p>

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula (tarefa 2, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspectos	Objetivos e avaliação
Discussão sobre a veracidade ou falsidade da afirmação (III) e construção de argumentos que apoiem a resposta dada (trabalho autónomo)	5	Discutir em pares se a afirmação é verdadeira ou falsa. Construir argumentos que apoiem a opção relativa à veracidade ou falsidade da afirmação.	Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos e encontrar relações com a afirmação; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o par.	Reconhecer que a afirmação é falsa, pois quando a água muda de estado físico a identidade dos corpúsculos que a constituem não se altera, apenas muda o seu estado de agregação. Apontar a 6ª ou outra evidência adequada, para apoiar esta conclusão.

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula (tarefa 2, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Discussão coletiva das conclusões formuladas sobre as afirmações (I), (II) e (III)	25	Um dos pares apresenta a conclusão sobre a afirmação (I) e os argumentos que a apoiam. Os colegas podem formular questões ao par que está a apresentar. Repete-se o processo para as afirmações (II) e (III).	Perguntar quais são os pares que consideram a afirmação (I) verdadeira. Pedir a um par para apresentar a sua conclusão e os argumentos que a apoiam. Perguntar quais são os pares que não estão de acordo com os argumentos apresentados e dar-lhes oportunidade de formular questões aos colegas. Se o par que está a apresentar não souber responder a alguma questão, dar oportunidade de o fazer, a outro par. Procurar manter o foco nas evidências que apoiam as conclusões. Apontar no quadro as evidências relevantes. Depois de analisada a afirmação (I) passar à seguinte.	Ouvir e questionar os argumentos dos colegas de modo a chegar a um argumento comum e mais completo. Avaliar a veracidade ou falsidade de uma afirmação com base em evidências.
Síntese da parte 1	5	Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão.	Recordar que as três afirmações são falsas e listar as evidências apresentadas para justificar cada uma.	Compreender que os corpúsculos de uma substância não se alteram quando o estado físico muda. Saber que numa mistura coloidal há pelo menos duas fases, e não são ambas gasosas; e que a evaporação pode ocorrer a temperaturas inferiores ao ponto de ebulição.

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula (tarefa 2, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Introdução da parte 2	8	Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa e depois todos veem o vídeo (3 min.). Os alunos podem colocar dúvidas sobre o funcionamento da aula, sobre o enunciado da tarefa ou sobre o vídeo.	Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula. Pedir a um aluno para ler o texto de introdução e depois mostrar o vídeo. Responder às questões dos alunos.	Compreender a informação fornecida, o que é pedido e prestar atenção ao vídeo.
Resolução da questão 1 (trabalho autónomo)	3	<p>Leem a informação fornecida e as quatro explicações apresentadas para responder à questão e discutem, com o par, qual é a mais adequada.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – interpretar quer as explicações propostas, quer as informações fornecidas; – reconhecer que os corpos flutuam na estação espacial porque o seu peso é mais reduzido do que na superfície da Terra. 	Incentivar a ler com atenção a informação fornecida; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o par.	Identificar que o comportamento da água observado no vídeo se deve ao reduzido peso dos corpos na estação espacial: afirmação (C).

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula (tarefa 2, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 2 (trabalho autónomo)	15	<p>Construir argumentos que justifiquem que a afirmação que selecionaram é a mais adequada e argumentos que justifiquem por que é que cada uma das outras afirmações não são adequadas. Discutem em pares as evidências e a sua relação com as afirmações.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Encontrar evidências que apoiem a sua opção e outras que rejeitem cada uma das restantes. <p>Construir argumentos que justifiquem que a afirmação (C) é a mais adequada.</p>	<p>Incentivar a ler com atenção a informação fornecida e a estabelecer relações lógicas para justificar: a opção que escolheram e rejeitar de cada uma das restantes.</p> <p>Se os alunos consideraram mais adequada uma afirmação diferente da (C), colocar questões que os ajudem a identificar o que pode estar errado nos seus argumentos (ver sugestões a seguir).</p>	<p>Identificar evidências que apoiem a afirmação que escolheram e justifiquem a rejeição das restantes.</p> <p>Estabelecer relações com a 1^a, 2^a, 5^a ou outra evidência adequada, e o comportamento da água na estação espacial para justificar que a afirmação (C) é a mais adequada. Compreender que o peso dos corpos é mais reduzido na estação espacial porque esta se encontra a uma altitude de 400 km (mais afastada do centro da Terra).</p>

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula (tarefa 2, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspectos	Objetivos e avaliação
		<p>Construir argumentos que justifiquem que a afirmação (A) não é adequada.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – justificar que a água observada no vídeo está no estado líquido. 	<p>Se os alunos consideraram que a afirmação (A) é a mais adequada, colocar questões que os ajudem a identificar o que pode estar errado nos seus argumentos. Se mostrarem dificuldade em justificar que a água está no estado líquido, questionar sobre as características que tem um sólido ou um gás e o que observaram no vídeo.</p>	<p>Compreender que a água está no estado líquido porque o seu volume se mantém constante, mas a sua forma varia. Estabelecer relações com a 3^a, 5^a ou outra evidência adequada, para justificar a rejeição da afirmação (A).</p>
		<p>Construir argumentos que justifiquem que a afirmação (B) não é adequada.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – justificar que a bola de água observada no vídeo não se comporta como um líquido viscoso. 	<p>Se os alunos consideraram que a afirmação (B) é a mais adequada, colocar questões que os ajudem a identificar o que pode estar errado nos seus argumentos. Se mostrarem dificuldade em justificar que a bola de água não se comporta como um líquido viscoso, sugerir que estabeleçam relações com o comportamento que observaram no glicerol na tarefa 1 e o que observaram na bola de água no vídeo.</p>	<p>Compreender que a água na estação espacial não se comporta como um líquido viscoso porque a forma da sua superfície varia rapidamente, como acontece na Terra. Estabelecer relações com o que observaram no vídeo ou outras evidências adequadas.</p>

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula (tarefa 2, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
		<p>Construir argumentos que justifiquem que a afirmação (D) não é adequada.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – justificar que na estação espacial a força gravítica exercida pela Terra sobre os corpos não é nula. 	<p>Se os alunos consideraram que a afirmação (D) é a mais adequada, colocar questões que os ajudem a identificar o que pode estar errado nos seus argumentos. Se mostrarem dificuldade em justificar que justificar que na estação espacial a força gravítica exercida pela Terra sobre os corpos não é nula, questionar sobre a força exercida pela Terra na Lua e comparar a distância a que está a Lua da superfície da Terra, com a distância a que está a estação espacial.</p>	<p>Compreender que na estação espacial a força gravítica exercida pela Terra sobre os corpos não é nula. Estabelecer relações com os conhecimentos prévios sobre a força gravítica.</p>

Quadro A.3: Desenvolvimento da aula (tarefa 2, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspectos	Objetivos e avaliação
Discussão coletiva das conclusões sobre as questões 1 e 2	20	Os pares apresentam as conclusões do trabalho autônomo quando questionados pelo professor. Os alunos podem apresentar contra-argumentos se estiverem em desacordo com as conclusões apresentadas pelos colegas.	Perguntar quais são os pares que consideram a afirmação (A) a mais adequada. Fazer o mesmo para as restantes três afirmações. Pedir a um par para expor os argumentos que os levaram a rejeitar a opção (A). Dar oportunidade aos alunos que estiverem em desacordo com a argumentação apresentada, que apresentem contra-argumentos. Registrar no quadro os argumentos que forem surgindo e ir apagando os que forem validamente rejeitados, ficando apenas com os mais fortes. Repetir o procedimento com as restantes três afirmações até chegar à conclusão de que a afirmação (C) é a mais adequada.	Ouvir e questionar os argumentos dos colegas de modo a chegar a um argumento comum e mais completo. Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão.
Síntese final e reflexão individual	10	Compreender os principais objetivos da tarefa e responder à reflexão individual.	Resumir os principais objetivos da tarefa e pedir aos alunos para responderem à reflexão individual sobre a tarefa.	Reconhecer que aquilo que explica as características dos diferentes estados físicos é o estado de agregação do corpúsculo que os constituem.

A.3 Tarefa 3

Nesta tarefa é pedido aos alunos para explicar alguns fenômenos associados às transformações físicas da água. Na primeira parte são fornecidas aos alunos duas tabelas de dados e é pedido para explicar, com base nos dados das tabelas, porque é que em La Paz o ponto de ebulição da água é próximo de $88\text{ }^{\circ}\text{C}$ (questão 1). Pede-se também para prever o que acontece quando se puxa o êmbolo de uma seringa fechada, contendo apenas água no seu interior (questão 2). Depois faz-se uma primeira discussão coletiva e no final os alunos realizam a experiência com a seringa e comparam as previsões feitas com o que observam (questão 3). Segue-se a discussão coletiva das respostas à questão 2. Na segunda parte, são apresentados aos alunos quatro gráficos que pretendem representar a variação da temperatura da água em função do tempo, quando é aquecida partindo de um bloco de gelo a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, até se transformar em vapor acima dos $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. É fornecida aos alunos uma lista de evidências, pede-se para escolherem o gráfico que melhor representa a situação e justificar a sua opção. Podem também servir-se da informação do manual para construir a justificação. No final realiza-se a discussão coletiva das conclusões. Em ambas as partes os alunos trabalham em pares.

O objetivo geral desta tarefa é criar contextos que permitam aos alunos construir argumentos partindo de tabelas e gráficos com dados referentes aos pontos de fusão e ebulição da água.

Os objetivos específicos de aprendizagem são: conhecer os pontos de fusão e ebulição da água à pressão atmosférica normal; compreender que o ponto de ebulição de uma substância depende da pressão; reconhecer que durante uma mudança de estado físico de uma substância, a temperatura permanece aproximadamente constante, coexistindo dois estados físicos; interpretar gráficos e tabelas de dados; propor uma previsão para uma situação desconhecida com base em conhecimentos prévios; usar evidências em diferentes formatos para avaliar explicações alternativas para um fenómeno; reformular explicações com base em novas evidências; refletir sobre a relação entre as previsões, observações e explicações; trabalhar em pares para elaborar as respostas às questões.

Os alunos deverão ter conhecimentos prévios sobre: os estados físicos e as suas transformações; substâncias e misturas; a relação entre o volume e a pressão de um gás; relação entre força e pressão; transferências de calor, equilíbrio térmico e temperatura; variáveis dependentes e independentes e a sua representação em gráficos ou tabelas.

A aula está estruturada em dez segmentos e foi desenvolvida em dois períodos de 55 minutos. O primeiro período de 55 minutos inclui: a introdução da parte 1; a resolução das questões 1, 2 e 3 (trabalho autónomo); duas

discussões coletivas, uma no final da questão 2 e outra após a questão 3; e a síntese da parte 1. O segundo período inclui: a introdução da parte 2, a resolução da questão (trabalho autônomo), uma discussão coletiva e a síntese final, incluindo a resposta à reflexão individual sobre a tarefa. No quadro A.4 apresenta-se a planificação detalhada dos dez segmentos da aula.

Os recursos usados são as fichas de trabalho com a tarefa; 12 seringas de 20 cm^3 para a parte 1; o manual da disciplina e o quadro.

Quadro A.4: Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 3

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Introdução	5	Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos podem colocar dúvidas sobre o enunciado ou sobre o funcionamento da aula.	Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula. Pedir a um aluno para ler o texto de introdução. Responder às questões dos alunos.	Compreender a informação fornecida e o que é pedido.
Resolução da questão 1 (trabalho autónomo)	5	Interpretar as tabelas e identifica evidências que permitam explicar porque é que em La Paz a água ferve a 88 °C. <i>Possíveis dificuldades:</i> – identificar as variáveis independentes e dependentes; – distinguir a explicação proposta das evidências que a apoiam.	Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos; a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o par. Se mostrarem dificuldade em identificar as variáveis independentes e dependentes, explicar que numa tabela, habitualmente a variável independente é a que aparece na primeira coluna e as dependentes as representadas nas restantes colunas. Se mostrarem dificuldade em distinguir a explicação proposta das evidências que a apoiam, questionar qual a relação entre a altitude e o ponto de ebulição da água, e depois questionar como explicam essa relação.	Reconhecer que a pressão atmosférica diminui com a altitude e que o ponto de ebulição depende da pressão.

Quadro A.4: Desenvolvimento da aula (tarefa 3, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 2 (trabalho autónomo)	5	<p>Interpretar o enunciado da questão e propor uma previsão para o que se observa quando se puxa o êmbolo de uma seringa com água. Construir argumentos que apoiem a previsão proposta.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – interpretar o enunciado da questão; – reconhecer que se aumentar o volume da seringa e não entrar matéria, a pressão no seu interior desce; – reconhecer que se pretende que só haja água dentro da seringa. 	<p>Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos; a mobilizar os conhecimentos prévios e a identificar evidências que possam apoiar as suas previsões.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em interpretar o enunciado da questão, exemplificar com uma seringa sem água.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que a pressão desce no interior da seringa quando o volume aumenta, pedir-lhes para experimentar com a seringa fechada e questioná-los sobre as forças que se sentem no êmbolo.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que só há água dentro da seringa, recordar o que aprenderam sobre substâncias.</p>	<p>Formular previsões com base em conhecimentos prévios. Reconhecer que a identidade da água não se altera quando a sua temperatura varia ou quando está submetida a diferentes valores de pressão.</p>

Quadro A.4: Desenvolvimento da aula (tarefa 3, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Discussão coletiva das questões 1 e 2	15	Os pares apresentam as conclusões do trabalho autónomo quando questionados pelo professor. Os alunos podem questionar os colegas se estiverem em desacordo com as conclusões apresentadas.	Pedir a um par para apresentar a resposta à questão 1 e as evidências que a apoiam. Depois de analisada a questão 1 passar à 2, pedindo a outro par para expor como interpretou a questão e qual a sua previsão. Dar oportunidade aos outros pares de formular questões aos colegas que apresentam. Se o par que está a apresentar não souber responder a alguma questão, dar oportunidade de o fazer, a outro par. No final da discussão distribuir as seringas com 5 cm^{-3} de água.	Ouvir e questionar os argumentos dos colegas de modo a compreender melhor o fenómeno em estudo. Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão. Reconhecer que a pressão diminui dentro de uma seringa fechada, se o volume aumentar e associar a diferença de pressão às forças que se sentem no êmbolo.

Quadro A.4: Desenvolvimento da aula (tarefa 3, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 3 (trabalho autónomo)	10	<p>Realizar a experiência com a seringa e registar as observações. Construir argumentos para explicar as observações realizadas.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – reconhecer que a pressão diminui dentro da seringa quando se puxa o êmbolo; – observar a formação de bolhas; – reconhecer que só há água dentro da seringa; – reconhecer que a água não sofre transformação química por variação de pressão; – observar a entrada de ar na seringa, se não estiver bem vedada, e interpretar os resultados. 	<p>Incentivar os alunos a mobilizar os conhecimentos prévios, para explicar as observações, e a discutir as ideias com o par.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que a pressão diminui dentro da seringa, recordar as conclusões da discussão anterior.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em observar a formação de bolhas, exemplificar com a seringa de modo que o vejam.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que só há água dentro da seringa, lembrar o conceito de substância.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que a água não sofre transformação química por variação de pressão, perguntar o que acontece quando se pressiona um saco de amendoins e quando se pressiona um saco com água; questionar se nalgum destes casos há transformação química e o que acontece se em vez da pressão aumentar diminuir.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em observar a entrada de ar na seringa, se não estiver bem vedada, chamar a atenção para as forças que se sentem no êmbolo e propor uma explicação.</p>	<p>Reconhecer que quando se puxa o êmbolo a pressão dentro da seringa diminui e que se a pressão diminuir até perto de 2,3 kPa alguma parte da água passa ao estado gasoso.</p>

Quadro A.4: Desenvolvimento da aula (tarefa 3, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Discussão coletiva da questão 3	10	Alguns pares apresentam as observações realizadas, a explicação proposta e os argumentos que a apoiam. Depois de apresentadas as várias explicações alternativas, dar oportunidade aos alunos para identificar as incompatibilidades que encontram e tentar chegar a um consenso sobre a explicação do fenómeno observado (ou fenómenos, se houver diferenças significativas nas observações).	Pedir a um par para apresentar a resposta à questão 3. Perguntar se outros pares têm observações ou explicações alternativas que queiram apresentar. Registrar no quadro os dados relevantes apresentados por cada par. Perguntar à turma se as explicações são todas compatíveis com as observações e os argumentos apresentados e porquê. Introduzir o conceito de pressão de vapor.	Ouvir e questionar os argumentos dos colegas de modo a chegar a um argumento comum e mais completo. Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão. Reconhecer que um gás ocupa um volume muito maior do que um líquido e que se a seringa estiver bem vedada as pressões no interior e no exterior podem ser diferentes. Reconhecer que se entrar ar dentro da seringa as pressões no interior e no exterior se mantêm próximas.
Síntese da parte 1	5	Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão.	Recordar os pontos principais discutidos na parte 1.	Compreender que o ponto de ebulição é a temperatura à qual a pressão de vapor da substância é igual à pressão atmosférica.
Introdução da parte 2	5	Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da parte 2. Os alunos podem colocar dúvidas sobre o funcionamento da aula, sobre o enunciado da tarefa ou sobre os gráficos.	Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula. Pedir a um aluno para ler o texto de introdução. Responder às questões dos alunos.	Compreender a informação fornecida e o que é pedido.

Quadro A.4: Desenvolvimento da aula (tarefa 3, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão da parte 2 (trabalho autónomo)	12	<p>Leem as evidências apresentadas, selecionam o gráfico mais adequado e discutem, com o par, as evidências que apoiam o gráfico selecionado e os argumentos que se podem opor.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – reconhecer que as mudanças de fase não são instantâneas; – identificar a variável independente e a dependente; – reconhecer que o calor demora tempo até ser transferido a todo um volume de matéria. 	<p>Incentivar os alunos a ler com atenção as evidências fornecidas, a mobilizar os conhecimentos prévios e a discutir as ideias com o par.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que as mudanças de fase não são instantâneas, questionar o que acontece quando colocam um cubo de gelo em água quente.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em identificar a variável independente e a dependente, explicar que num gráfico habitualmente a variável independente se representa no eixo das abcissas e a dependente no eixo das ordenadas.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer que o calor demora tempo até ser transferido a todo um volume de matéria, questionar o que acontece quando colocam um tacho de metal ao lume, se fica todo quente ao mesmo tempo e fazer a analogia com a condução de calor do exterior para o interior de um volume de matéria.</p>	<p>Interpretar gráficos temperatura-tempo de aquecimento. Identificar evidências que apoiem a sua interpretação e argumentos que a possam contrariar. Reconhecer que a temperatura de uma substância enquanto está no estado sólido, não ultrapassa a temperatura do seu ponto de fusão e que no estado líquido, não ultrapassa a temperatura do seu ponto de ebulição.</p>

Quadro A.4: Desenvolvimento da aula (tarefa 3, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Discussão coletiva das respostas à questão da parte 2	20	Os pares apresentam as conclusões do trabalho autónomo quando questionados pelo professor. Os alunos podem apresentar contra-argumentos se estiverem em desacordo com os argumentos apresentados pelos colegas.	Perguntar quais são os pares que consideram que o gráfico (A) é o que representa melhor a situação. Fazer o mesmo para os restantes três gráficos. Pedir a um par para expor os argumentos que os levaram a rejeitar o gráfico (A) e registá-los no quadro. Dar oportunidade aos alunos que estiverem em desacordo com a argumentação apresentada, que apresentem contra-argumentos. Repetir o procedimento com os restantes três gráficos.	Reconhecer que o gráfico (C) é o que representa melhor a situação. Ouvir e questionar os argumentos dos colegas de modo a chegar a um argumento comum e mais completo. Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão.
Síntese final e reflexão individual	10	Compreender os principais objetivos da tarefa e responder à reflexão individual.	Resumir os principais objetivos da tarefa e pedir aos alunos para responderem à reflexão individual sobre a tarefa.	Compreender que os pontos de fusão e ebulição, a uma dada pressão, são propriedades que caracterizam as substâncias.

A.4 Tarefa 4

Nesta tarefa é pedido aos alunos para determinar a massa volúmica de diferentes objetos de plástico e, com base nos valores obtidos, identificar o tipo de plástico que os constitui. Os alunos trabalham em grupos de quatro. Após o trabalho laboratorial, alguns alunos apresentam à turma os valores obtidos e as conclusões formuladas relativamente aos tipos de plástico. Na discussão coletiva analisam-se os valores obtidos por cada grupo, as fontes de erro e os cuidados necessários para obter valores com maior exatidão e precisão.

O objetivo geral desta tarefa é criar contextos que permitam aos alunos usar técnicas básicas para determinar a massa volúmica de sólidos e usar essa informação para distinguir diferentes materiais.

Os objetivos específicos de aprendizagem são: determinar o volume de um sólido, partindo das respetivas dimensões ou recorrendo ao deslocamento de um líquido; calcular a massa volúmica a partir do volume e da massa de um sólido; identificar erros instrumentais associados a medições; proporcionar uma oportunidade de manipular materiais e registar observações; interpretar tabelas de dados; usar evidências para apoiar conclusões sobre a constituição dos objetos; trabalhar em grupos de quatro para manipular os materiais e elaborar as respostas às questões.

Os alunos deverão ter conhecimentos prévios sobre: massas e volumes; misturas e substâncias; erros de medição; densidade e flutuação; saber que a massa volúmica é a razão entre a massa e o volume de um material.

A aula está estruturada em seis segmentos e foi desenvolvida em dois períodos de 55 minutos. O primeiro período de 55 minutos inclui: a introdução à tarefa; a resolução das questões 1, 2 e 3 (trabalho autónomo no laboratório); e a finalização da parte laboratorial. O segundo período inclui: a introdução da discussão dos resultados, a discussão coletiva e a síntese final, incluindo a resposta à reflexão individual sobre a tarefa. No quadro A.6 apresenta-se a planificação detalhada dos seis segmentos da aula.

Os recursos usados são a ficha de trabalho com a tarefa, o manual da disciplina, o material de laboratório listado no quadro A.5 e um quadro de giz.

Quadro A.5: Material de laboratório usado na tarefa 4

<p> Materiais</p>	<p> água (massa volúmica $1,00 \text{ g cm}^{-3}$); solução aquosa de iodeto de potássio $1,575 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ (massa volúmica $1,35 \text{ g cm}^{-3}$); solução aquosa de sacarose $3,534 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ (massa volúmica $1,10 \text{ g cm}^{-3}$); mistura de etanol e água com concentração de etanol de $0,225 \text{ mol dm}^{-3}$ (massa volúmica $0,94 \text{ g cm}^{-3}$); objetos de plástico de três tipos diferentes, dois com forma regular e um com forma irregular e densidade superior à da água.</p>
<p> Equipamento de laboratório</p>	<p> 3 balanças; 6 provetas graduadas de 100 cm^3; 4 copos de 50 cm^3; pinças.</p>

Quadro A.6: Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 4

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Introdução	5	Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos podem colocar dúvidas sobre o enunciado ou sobre o funcionamento da aula. Levar bata, material de escrita, régua graduada, calculadora e o enunciado da tarefa.	Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula. Recordar regras de segurança do laboratório. Pedir a um aluno para ler o texto de introdução. Responder às questões dos alunos.	Compreender a informação fornecida e o que é pedido na tarefa.

Quadro A.6: Desenvolvimento da aula (tarefa 4, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 1 (trabalho autónomo)	20	<p>Determinar a massa e o volume de cada objeto de plástico. Identificar os erros instrumentais associados às medições realizadas. Calcular a massa volúmica e identificar o tipo de plástico de cada objeto, com base nas informações fornecidas.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – determinar os volumes; – identificar os erros instrumentais; – calcular a massa volúmica; – identificar os tipos de plástico. 	<p>Incentivar os alunos a fazer as medições com rigor; a verificar se os valores obtidos são razoáveis e a discutir as ideias com o grupo.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em determinar o volume dos objetos regulares, lembrar a fórmula para calcular o volume de um paralelepípedo.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em determinar o volume do objeto com forma irregular, sugerir que pensem como fazê-lo mergulhando o objeto numa proveta com água.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em identificar os erros instrumentais, recordar que podem ser aproximados pelo valor de metade da menor divisão da escala.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em calcular a massa volúmica, recordar que é igual ao quociente entre a massa e o volume do objeto.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em identificar os tipos de plástico, incentivar a prestar atenção à tabela de massas volúmicas dos diferentes tipos de plástico e comparar com os valores obtidos.</p>	<p>Determinar o volume e a massa de cada objeto; e os erros instrumentais associados a cada uma das medições efetuadas. Calcular a massa volúmica. Reconhecer que a massa volúmica permite distinguir diferentes tipos de plástico quando as gamas de massa volúmica correspondentes não se interseitam.</p>

Quadro A.6: Desenvolvimento da aula (tarefa 4, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspectos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 2 (trabalho autônomo)	5	<p>Os alunos colocam cada um dos objetos nas soluções preparadas com diferentes massas volúmicas e registam quais flutuam e quais se afundam.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – reconhecer a relação entre a massa volúmica do objeto e a do líquido, no caso daquele se afundar ou flutuar. 	<p>Incentivar os alunos a comparar os valores calculados na questão anterior com as que correspondem ao teste de flutuação e a refletir sobre eventuais discrepâncias.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer a relação entre a massa volúmica do objeto e a do líquido, questionar o que acontece quando colocam um balão na água e qual a relação entre a massa volúmica do balão e a da água; repetir a questão no caso de um pedaço de ferro em água.</p>	<p>Reconhecer que os objetos flutuam nas soluções que têm massa volúmica superior à sua e afundam-se no caso contrário.</p> <p>Identificar eventuais discrepâncias com os valores obtidos anteriormente.</p>

Quadro A.6: Desenvolvimento da aula (tarefa 4, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 3 (trabalho autónomo)	10	<p>Os alunos refletem sobre os resultados obtidos, os pontos fortes e fracos de cada uma das técnicas, formulam conclusões sobre os tipos de plástico e constroem argumentos a favor das suas conclusões.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – identificar incompatibilidades entre os valores da massa volúmica determinados nas questões 1 e 2; – identificar o efeito, no valor da massa volúmica, dos erros instrumentais observados na medição dos volumes. 	<p>Incentivar os alunos a identificar pontos fortes e fracos de cada umas das técnicas usadas para identificar os tipos de plástico, formular argumentos a favor das conclusões formuladas e discutir as ideias com o grupo.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em identificar incompatibilidades entre os valores da massa volúmica, sugerir que identifiquem qual o valor máximo ou mínimo da massa volúmica que corresponde ao teste de flutuação e os comparem com os valores obtidos na questão 1.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em identificar o efeito dos erros instrumentais da medição dos volumes, sugerir que calculem a massa volúmica do cubo de plástico no caso em que o volume do objeto fosse obtido, subtraindo o erro instrumental ao comprimento de cada um dos lados.</p>	<p>Reconhecer que os erros na medição dos volumes eram elevados e qual o seu efeito na determinação da massa volúmica. Identificar as limitações das técnicas usadas para distinguir os tipos de plástico.</p>
Finalização da parte laboratorial	5	<p>Recolher os registos e deixar a bancada do laboratório ordenada.</p>	<p>Lembrar que na próxima aula se fará a discussão das conclusões formuladas e das evidências que as justificam; que devem recolher os registos e trazê-los para a aula.</p>	<p>Realizar os registos individuais e contribuir para que o laboratório fique ordenado.</p>

Quadro A.6: Desenvolvimento da aula (tarefa 4, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Introdução da discussão dos resultados	5	Cada aluno deverá ter uma folha de registos individual. Podem colocar dúvidas sobre o modo como se vai desenrolar a discussão.	Pedir a cada um dos alunos para pegar nos registos individuais e noutros recursos que possam ser úteis para a discussão. Explicar como se vai desenrolar. Responder às questões dos alunos.	Mostrar compreensão sobre a atitude esperada durante a discussão.
Discussão coletiva dos resultados	40	Um aluno de cada grupo apresenta os valores obtidos, as conclusões sobre os tipos de plástico e os argumentos que apoiam as conclusões. Os alunos podem colocar questões aos outros grupos.	Pedir a um aluno de cada grupo para apresentar os valores obtidos. Dar oportunidade aos colegas para formular questões sobre os resultados. Depois de registar todos os valores questionar os alunos sobre as possíveis razões para as discrepâncias observadas. Em seguida comparar com os resultados da questão 2 e verificar que no teste de flutuação os resultados são todos iguais, mas alguns não são compatíveis com os valores obtidos na questão 1. Pedir a um dos alunos para apresentar as conclusões, justificadas com argumentos, sobre os tipos de plástico e sobre os pontos fortes e fracos de cada uma das técnicas. Perguntar se algum grupo chegou a conclusões diferentes. Registrar os argumentos relevantes e chegar a um consenso.	Apresentar as conclusões justificadas com as observações feitas; considerar os argumentos contrários e colocar questões que suscitem relações entre as observações e as conclusões formuladas. Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão. Compreender que as diferenças nos resultados obtidos na questão 1 se devem aos erros de medição e que o teste de flutuação permite estabelecer valores máximos ou mínimos para a massa volumétrica dos materiais.

Quadro A.6: Desenvolvimento da aula (tarefa 4, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Síntese final e reflexão individual	10	Compreender os principais objetivos da tarefa e responder à reflexão individual.	Resumir os principais objetivos da tarefa e pedir aos alunos para responderem à reflexão individual sobre a tarefa.	Compreender que a massa volúmica é a razão entre a massa e o volume de um material e o seu valor identifica a composição do material.

A.5 Tarefa 5

Nesta tarefa é pedido aos alunos para propor um procedimento para efetuar a separação dos materiais numa mistura e realizarem a separação proposta. Os alunos trabalham em grupos de quatro. Após o trabalho laboratorial, alguns alunos apresentam à turma os valores obtidos, as conclusões formuladas relativamente à qualidade da separação obtida e possíveis sugestões de alteração do procedimento para melhorar a separação.

O objetivo geral desta tarefa é criar contextos que permitam aos alunos planear e usar técnicas de separação de misturas, e refletir sobre os cuidados a ter para se obterem melhores resultados.

Os objetivos específicos de aprendizagem são: identificar algumas técnicas de separação aplicáveis a misturas heterogéneas (decantação; filtração e separação magnética) e homogéneas (concretamente a evaporação do solvente); reconhecer que nos processos de separação física os materiais não se alteram; proporcionar uma oportunidade de manipular materiais e registar observações; usar as propriedades dos materiais para propor o procedimento mais adequado para efetuar a separação e, depois de efetuada, propor a sua possível reformulação com base nas evidências observadas; trabalhar em grupos de quatro para elaborar as respostas às questões e realizar os procedimentos propostos.

Os alunos deverão ter conhecimentos prévios sobre: técnicas de separação de misturas homogéneas e heterogéneas; pontos de fusão e ebulição; massa volúmica; transformações e estados físicos da matéria; misturas e substâncias; solubilidade.

A aula está estruturada em dez segmentos e foi desenvolvida em três períodos de 55 minutos. O primeiro período de 55 minutos inclui: a introdução da parte 1, a resolução das questões 1 e 2 da parte 1 (trabalho autónomo), a discussão coletiva e a síntese da parte 1. O segundo período inclui: a introdução da parte 2 (trabalho laboratorial), a resolução das questões 1 a 4 (trabalho autónomo) e a conclusão do trabalho laboratorial. O terceiro e último período inclui: a introdução da discussão dos resultados, a discussão coletiva e a síntese final, incluindo a resposta à reflexão individual sobre a tarefa. No quadro A.8 apresenta-se a planificação detalhada dos dez segmentos da aula.

Os recursos usados são as fichas de trabalho com as partes 1 e 2 da tarefa, uma folha de dados sobre os materiais a separar, o manual da disciplina, o material de laboratório listado no quadro A.7 e um quadro de giz.

Quadro A.7: Material de laboratório usado na tarefa 5

Materiais	água; seis recipientes idênticos com uma mistura de 7,0 g de cloreto de sódio, 12,0 g de areia e 15,0 g de limalha de ferro.
Equipamento de laboratório	3 balanças; 3 placas de aquecimento; papéis de filtro; 6 funis e respetivo suporte; 12 copos de 50 cm ³ ; varetas de vidro; 6 magnetes; 6 sacos de plástico transparentes e resistentes; 6 vidros de relógio; 18 recipientes para colocar os materiais separados.

Quadro A.8: Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 5

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Introdução	5	Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos podem colocar dúvidas sobre o enunciado ou sobre o funcionamento da aula.	Explicar o que se vai fazer e o modo como vai decorrer a aula. Pedir a um aluno para ler o texto de introdução. Responder às questões dos alunos.	Compreender a informação fornecida e o que é pedido na tarefa.
Resolução da questão 1 (trabalho autónomo)	15	Os alunos leem as características dos três materiais presentes na mistura e propõem os processos e a sequência da separação. <i>Possíveis dificuldades:</i> – conhecer as técnicas de separação das misturas homogéneas e heterogéneas; – reconhecer que para separar o NaCl é necessário dissolvê-lo em água; – reconhecer que para obter o NaCl separado da solução é necessário evaporar a água; – identificar a sequência dos diferentes processos.	Incentivar os alunos a ler com atenção os dados fornecidos e a consultar as técnicas de separação descritas no manual. Se não se recordarem das técnicas de separação, sugerir que pesquem no manual. Se mostrarem dificuldade em reconhecer que é necessário dissolver o NaCl em água para o separar da areia, sugerir que prestem atenção aos dados das duas substâncias e tentem identificar quais são diferentes e poderão ser usadas para as separar. Se mostrarem dificuldade em identificar a sequência dos diferentes processos, sugerir descrevam detalhadamente o procedimento que propõem e pensem nas dificuldades que podem encontrar.	Perceber que se deve começar por separar a limalha de ferro; depois juntar água à mistura de NaCl e areia, para dissolver o cloreto de sódio; separar a areia da solução de NaCl por decantação e filtração; no final secar a areia e evaporar a água da solução aquosa de cloreto de sódio para recuperar o NaCl.

Quadro A.8: Desenvolvimento da aula (tarefa 5, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 2 (trabalho autónomo)	5	<p>Apresentam argumentos para apoiar a resposta à questão anterior.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – identificar evidências que justifiquem a sequência proposta ou o modo de separar os materiais; – formular argumentos que justifiquem que os processos e a sequência propostos são os mais adequados. 	<p>Incentivar os alunos a usar os dados fornecidos para apoiar os seus argumentos e a discutir as ideias com os colegas.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em identificar evidências para justificar, por exemplo, que se dissolve o NaCl em água para o separar da areia, questionar em que propriedades se basearam para escolher esse processo; etc.</p> <p>Se mostrarem dificuldade formular os argumentos, sugerir que encontrem e indiquem relações lógicas entre as evidências e o procedimento proposto.</p>	<p>Reconhecer que a limalha de ferro é o único material da mistura que é atraído por um íman e por isso pode ser separado em primeiro lugar; que o NaCl é solúvel em água e a areia não; que o NaCl pode ser separado da água por evaporação da água, que tem um ponto de ebulição muito inferior ao do NaCl.</p>
Discussão coletiva das questões 1 e 2	25	<p>Alguns grupos apresentam a sua proposta e os colegas podem apresentar dados para apoiar ou contrapor a proposta.</p>	<p>Pedir a um grupo para apresentar o procedimento proposto para separar os três materiais e os argumentos em que se apoiam. Dar oportunidade a outros grupos de apresentar outras alternativas. Permitir que outros grupos intervenham até se chegar a um consenso. Recordar que devem apresentar argumentos novos, sempre que quiserem manifestar concordância ou discordância com as ideias dos colegas. Escrever no quadro um esquema da sequência proposta e os principais argumentos que a apoiam.</p>	<p>Apresentar ideias justificadas com evidências; considerar os argumentos contrários suportados por evidências e reformular ou completar os próprios argumentos de acordo com as diferentes perspetivas que surgiram na discussão.</p>

Quadro A.8: Desenvolvimento da aula (tarefa 5, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Síntese da parte 1	5	Registrar o procedimento a executar na aula de laboratório, reformulando ou completando a resposta elaborada em grupo.	Lembrar que a próxima aula se realizará no laboratório e deverão trazer os registos da planificação feita.	Realizar o registo individual da planificação da separação.
Introdução da parte 2	5	Os alunos podem colocar dúvidas sobre o funcionamento desta parte da aula. Levar bata, material de escrita, o enunciado das partes 1 e 2 da tarefa e a folha de dados anexa.	Recordar que a aula se vai realizar no laboratório e que devem cumprir as regras de segurança. Responder às questões dos alunos.	Compreender o que é pedido e a atitude esperada no laboratório.

Quadro A.8: Desenvolvimento da aula (tarefa 5, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 1 (trabalho autónomo)	20	<p>Os alunos executam a separação dos materiais da mistura.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – usar o íman para separar a limalha de ferro; – juntar água a mais ou a menos à mistura de NaCl e areia; – não registar observações relevantes; – saber como usar o papel de filtro. 	<p>Incentivar os alunos a fazer as separações com rigor e a registarem todas as observações relevantes.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em usar o íman, mostrar como podem usar o plástico entre o íman e a mistura, para depois separar facilmente a limalha e o íman.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em decidir qual a quantidade de água à juntar à mistura de NaCl e areia, questionar quanta água deveriam juntar para dissolver todo o NaCl presente na mistura.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em registar observações relevante, questionar, por exemplo, se conseguiram separar toda a limalha de ferro e porquê, ou qual o aspeto da água quando juntaram à mistura de NaCl e areia, etc.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em usar o papel de filtro, mostrar como fazer.</p>	<p>Executar os procedimentos na sequência e do modo definidos na aula anterior.</p>

Quadro A.8: Desenvolvimento da aula (tarefa 5, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspectos	Objetivos e avaliação
Resolução da questão 2 (trabalho autônomo)	5	<p>Os alunos observam o aspeto dos materiais separados; medem a massa de cada um após a separação e comparam com os valores que existiam na mistura inicial.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – não reparar que a separação não foi completa; – registar a massa do material sem ter em conta a massa do recipiente; – medir a massa da areia ou do NaCl sem estarem bem secos. 	<p>Incentivar os alunos a verificar visualmente se a separação é completa; comparar os valores obtidos com os que existiam inicialmente na mistura e refletir sobre as possíveis razões das discrepâncias.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em observar, por exemplo, que a separação da limalha de ferro não foi completa, sugerir que a espalhem numa recipiente largo e verifiquem se encontram alguns grãos de cor clara, etc.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em medir a massa do material, questionar se o que mediram foi a massa do material ou a massa do material mais o recipiente; se a areia e o NaCl estavam secos e, em caso contrário, se corresponde apenas a esses materiais ou inclui mais alguma substância.</p>	<p>Reconhecer que a separação não é completa e há perdas de material nos diferentes processos, e por isso se observam diferenças entre a massa obtida após a separação e a existente inicialmente.</p>

Quadro A.8: Desenvolvimento da aula (tarefa 5, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Resolução das questões 3 e 4 (trabalho autónomo)	10	<p>Os alunos refletem sobre os resultados obtidos e as vantagens ou desvantagens de manter ou alterar o procedimento, usando argumentos que apoiam a sua resposta.</p> <p><i>Possíveis dificuldades:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – identificar os pontos dos processos em que houve perdas de material ou em que a separação não foi completa; – identificar processos que podem melhorar a separação. 	<p>Incentivar os alunos a refletir sobre os resultados obtidos; pensar em possíveis alterações ao procedimentos e discutir as ideias com o grupo.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em identificar os pontos dos processos em que houve perdas de material, sugerir, por exemplo, que observem o material de laboratório e a bancada que usaram.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em reconhecer, por exemplo, que a separação da areia e do NaCl não foi completa, sugerir que sequem bem a areia e observem se aparecem uns grãos esbranquiçados à superfície e pensem qual pode ser a sua origem.</p> <p>Se mostrarem dificuldade em identificar processos que podem melhorar a separação, questionar, por exemplo, como poderiam retirar o NaCl que ficou misturado na areia; ou se, repetindo o processo de separação da limalha de ferro, conseguem que se separem da limalha mais alguns grãos de areia e NaCl; etc.</p>	<p>Reconhecer os momentos do processo onde se pode ter perdido parte dos materiais (areia que ficou agarrada ao papel de filtro ou aos recipientes usados; NaCl que ficou em partes da solução que ficaram agarradas à areia, ao papel de filtro ou nos recipientes usados; etc.); ou em que a separação não foi completa (areia ou NaCl que ficaram misturados com a limalha de ferro; NaCl que ficou misturado na areia seca) e propor possíveis formas para melhorar os resultados da separação.</p>

Quadro A.8: Desenvolvimento da aula (tarefa 5, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Finalização da parte laboratorial	5	Recolher os registos e deixar a bancada do laboratório ordenada.	Lembrar que na próxima aula se fará a discussão dos resultados obtidos, das conclusões formuladas e das evidências que as justificam; devem guardar os registos e trazê-los para a aula.	Realizar os registos individuais e contribuir para que o laboratório fique ordenado.
Introdução da discussão dos resultados	5	Cada aluno deverá ter uma folha de registos individual. Podem colocar dúvidas sobre o modo como se vai desenrolar a discussão.	Pedir aos alunos para pegar nos registos individuais e noutros recursos que possam ser úteis para a discussão. Explicar como se vai desenrolar a discussão. Responder às questões dos alunos.	Mostrar compreensão sobre a atitude esperada durante a discussão.

Quadro A.8: Desenvolvimento da aula (tarefa 5, cont.)

Segmento	Dur. (min)	Atividade dos alunos e dificuldades	Respostas do professor e outros aspetos	Objetivos e avaliação
Discussão coletiva dos resultados	40	Um aluno de cada grupo apresenta os resultados obtidos, as conclusões sobre as vantagens ou desvantagens de alterar o procedimento e os argumentos que as apoiam. Os alunos podem colocar questões aos outros grupos.	Pedir a um aluno de cada grupo para apresentar os resultados obtidos e registá-los no quadro. Dar oportunidade aos colegas para formular questões sobre os resultados. Depois de registar todos os resultados questionar os alunos sobre as possíveis razões para as limitações da separação e para a discrepância entre os valores inicial e final das massas. Pedir a um dos alunos para apresentar as conclusões do grupo sobre as possíveis alterações a fazer ao procedimento e os argumentos que as justificam. Registrar as diferentes propostas e os argumentos que as justificam. Dar oportunidade aos alunos para questionar as propostas com argumentos contrários ou completar os argumentos a favor.	Apresentar conclusões justificadas nos resultados obtidos, estabelecendo relações lógicas entre ambos. Considerar os argumentos contrários e colocar questões que suscitem relações entre as observações e as conclusões formuladas. Reformular ou completar as suas respostas com base nas ideias que surgiram na discussão.
Síntese final e reflexão individual	10	Compreender os principais objetivos da tarefa e responder à reflexão individual.	Resumir os principais objetivos da tarefa e pedir aos alunos para responderem à reflexão individual sobre a tarefa.	Compreender algumas limitações dos processos de separação e os cuidados a ter para aumentar a sua eficiência.

Apêndice B

Recursos de apoio às aulas:
tarefas

Tarefa 1

(Parte 1)

Propriedades da matéria



Um dia o Filipe e a irmã estão na cozinha e sentem um cheiro estranho. O Filipe diz: «Parece-me que é o cheiro do gás natural do fogão». A irmã responde: «Acho que não, porque o gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos e os hidrocarbonetos não têm cheiro». Qual dos dois irmãos é que tem razão? O gás natural tem cheiro ou não tem cheiro?

O gás natural tem cheiro?

1. Trabalhando em pares, discutam qual dos dois irmãos tem razão.

Usem os dados fornecidos pelo professor e os quadros seguintes para responder à questão.

A nossa ideia é...

Os dados que apoiam a nossa ideia são...

Os dados referidos apoiam a nossa ideia porque...

Os argumentos que contrariam a nossa ideia são...

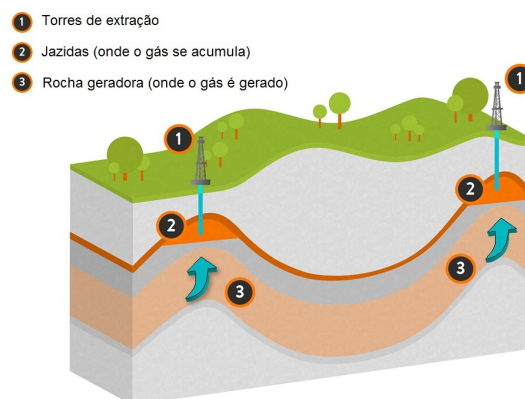
Nós tentaríamos convencer alguém com uma opinião contrária à nossa dizendo que...

Tarefa 1

Dados sobre o gás natural

Da origem ao consumidor

1. Como o próprio nome indica, o gás natural é uma fonte de energia de origem natural. Genericamente, resulta da decomposição de matéria orgânica, acumulada ao longo de milhões de anos em jazidas naturais subterrâneas. Desde a sua extração até chegar ao consumidor final não sofre processos significativos de transformação industrial, sendo essencialmente utilizado tal como existe no subsolo. A figura ao lado representa um modelo do processo de acumulação do gás em jazidas no subsolo e a sua posterior extração.



2. O gás natural é constituído por uma mistura variável de gases, onde o metano (CH_4) é predominante, com teores acima de 70%. À temperatura ambiente e pressão atmosférica permanece no estado gasoso e apresenta uma densidade inferior a 1 relativamente ao ar. Atualmente todo o gás natural consumido em Portugal é importado, sendo uma parte recebida por gasoduto de alta pressão e outra parte recebida por via marítima (sob a forma de gás natural liquefeito - GNL). Na tabela abaixo apresentam-se os valores médios da composição do gás natural que é recebido na fronteira.

Características do gás natural (valores indicativos):

Metano	Outros hidrocarbonetos alifáticos	Azoto	Dióxido de carbono	Hélio
83,7 %	10,47 %	5,4 %	0,23 %	0,2 %

Notas: A composição do gás natural varia de acordo com a sua proveniência, mistura e qualidade, sendo os valores apresentados médias nacionais usadas para efeitos de comparação.

3. Em Portugal continental existem mais de 1,3 milhões de utilizadores de gás natural, que em 2011 consumiram mais de 57 mil milhões de kWh, o que corresponde a cerca de 4,7 milhares de milhões de metros cúbicos.
4. Comparativamente com outros combustíveis fósseis, da queima do gás natural resultam menores emissões de óxidos de enxofre e de azoto (responsáveis pelas chuvas ácidas), bem como de dióxido de carbono, que está na origem do efeito de estufa. Não é tóxico quando queimado em condições normais e adequadas. A sua combustão apresenta teores baixíssimos de emissões poluentes e não liberta cinzas. Os produtos da combustão são semelhantes aos da respiração humana (expiração), apresentando os mais baixos índices de emissão de dióxido de carbono de todas as energias fósseis. Da sua queima resulta essencialmente a emissão de dióxido de carbono e vapor de água. É um gás inodoro, que, por razões de segurança, é normalmente odorizado antes da fase de distribuição para utilização final. Para a odorização, a empresa que gere a rede de gás natural recorre ao tetrahidrotiofeno (THT).
5. Existem no mercado sistemas eficazes para deteção de gás metano (sensores), que podem ser colocados nos locais de instalação dos aparelhos a gás natural (esquentador, caldeira, fogão a gás, etc.). Estes sensores asseguram a deteção de metano, no ar, logo que a sua concentração aumente acima do normal e antes que atinja valores prejudiciais para a segurança. O gás natural, por ter baixa densidade relativa, isto é, ao ser mais «leve» do que o ar, tende a dissipar-se rapidamente na atmosfera em caso de uma eventual fuga.

6. Medidas de segurança em caso de fuga de gás natural:



Fontes:

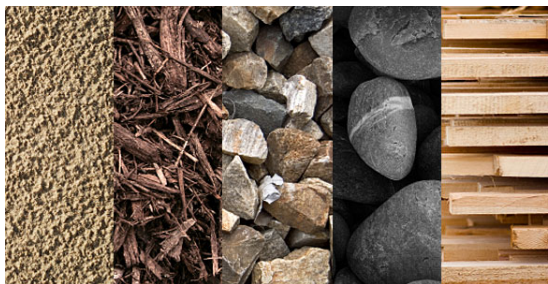
https://www.ren.pt/o_que_fazemos/gas_natural/o_setor_do_gas_natural/

<http://galpgasnaturaldistribuicao.pt/gas-natural/o-que-e>

Tarefa 1

(Parte 2)

Propriedades da matéria



Na aula passada verificou-se que o cheiro pode ser usado para identificar algumas substâncias. Hoje usar-se-ão outros critérios ou propriedades para distinguir as substâncias que constituem diferentes materiais.

Qual é a substância?

1. Trabalhando em grupos de quatro e usando os dados fornecidos pelo professor, indiquem os nomes de cada uma das seis substâncias que constituem os materiais A, B, C, D, E e F que estão colocados em cima das bancadas. Os pares de materiais que têm um aspeto semelhante foram colocados numa mesma bancada, para poderem ser comparados. *Use os quadros seguintes* para apresentar argumentos que convençam os outros grupos que as vossas opções são válidas.

O material A pode ser confundido com o material B porque...

Para identificar a substância que constitui o material A fizemos os seguintes testes:

Para identificar a substância que constitui o material B fizemos os seguintes testes:

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material A:

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material B:

Por isso, a nossa conclusão é...

O material C pode ser confundido com o material D porque...

Para identificar a substância que constitui o material C pretendemos fazer os seguintes testes:

Para identificar a substância que constitui o material D pretendemos fazer os seguintes testes:

Antes de executar os testes falem com o professor.

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material C:

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material D:

Por isso, a nossa conclusão é...

O material E pode ser confundido com o material F porque...

Para identificar a substância que constitui o material E pretendemos fazer os seguintes testes:

Para identificar a substância que constitui o material F pretendemos fazer os seguintes testes:

Antes de executar os testes falem com o professor.

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material E:

Obtivemos os seguintes resultados nos testes feitos com o material F:

Por isso, a nossa conclusão é...

Reflete sobre o que aprendeste

Responde individualmente.

2. O que aprendeste na tarefa 1?

3. Que dificuldades sentiste na realização da tarefa (partes 1 e 2) e como as ultrapassaste?

4. Como me comportei no grupo? Marca com um X, na tabela abaixo, o nível que te parece corresponder melhor ao modo como te comportaste no grupo.

	3-muito	2-suficiente	1-pouco
1. Participei ativamente nas discussões?			
2. Prestei atenção às opiniões dos elementos do grupo?			
3. Ajudei a ultrapassar divergências dentro do grupo?			
4. Usei argumentos convincentes para apoiar as minhas afirmações?			
5. Ajudei os meus colegas de grupo quando foi necessário?			
6. Pesquisei informação para responder a cada uma das questões?			
7. Terminei a minha parte do trabalho com rapidez?			

Tarefa 1 (parte 2)

1. Dados sobre as substâncias

Dados sobre a água

- É líquida à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal
- É incolor
- Não é inflamável
- À pressão atmosférica normal, o ponto de ebulição é 100 °C
- Não tem cheiro

Dados sobre o alumínio

- É sólido à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal
- Tem uma superfície prateada
- É condutor elétrico
- Não é atraído por um íman
- À pressão atmosférica normal, o ponto de fusão é 660 °C
- Não tem cheiro

Dados sobre o cloreto de sódio

- É sólido à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal
- Forma cristais de cor branca
- À temperatura de 25 °C conseguem-se dissolver cerca de 0,36 g por cada mL de água
- À pressão atmosférica normal, o ponto de fusão é 801 °C
- Não tem cheiro

Dados sobre o ferro

- É sólido à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal
- Tem uma superfície prateada
- É condutor elétrico
- É atraído por um íman
- À pressão atmosférica normal, o ponto de fusão é 1538 °C
- Não tem cheiro

Dados sobre o glicerol

- É líquido à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal
- É incolor
- É mais viscoso do que a água
- Quando se aquece torna-se menos viscoso
- À pressão atmosférica normal, o ponto de ebulição é 290 °C
- Não tem cheiro

Dados sobre a sacarose

- É sólida à temperatura ambiente e pressão atmosférica
- Forma cristais de cor branca
- À temperatura de 25 °C conseguem-se dissolver cerca de 2 g por cada mL de água
- Decompõe-se a uma temperatura superior a 180 °C
- Não tem cheiro

Tarefa 2

(Parte 1)

Estados físicos da matéria



A figura ao lado mostra um modelo do ciclo da água. Dependendo das condições de pressão e temperatura a que está submetida, a água apresenta-se na natureza nos três estados físicos: sólido, líquido ou gasoso.

(Adaptado de <https://www.tes.com/lessons/RYDXh77RQe4D0g/water-cycle>)

Os estados físicos da água

1. No quadro seguinte encontram-se algumas evidências sobre fenómenos que envolvem a água. Leiam estas evidências e se tiverem alguma dúvida perguntem ao professor. Depois respondam em pares às questões da página seguinte.

Evidências

- A água pode ser encontrada no estado líquido, à pressão atmosférica normal, se a sua temperatura for superior a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e inferior a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- No cimo de uma montanha com $3\,000\text{ m}$ de altitude, a água entra em ebulição a uma temperatura inferior a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Quando uma massa de ar, à temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e saturada de vapor de água, entra em contacto com uma superfície à temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, uma parte do vapor de água condensa na superfície, isto é, passa ao estado líquido e ficam na superfície pequenas gotas de água.
- Quando um prato com água é colocado num recipiente aberto e exposto à atmosfera, num local em que o ar não está saturado de vapor de água, passado algum tempo a água evapora totalmente.
- Quando um automóvel leva os faróis acesos numa situação de nevoeiro, observa-se o efeito de Tyndall, tal como acontece em qualquer colóide.
- Se um bloco de gelo derreter dentro de um recipiente fechado, a massa total do recipiente com o gelo antes de derreter é igual à massa total do recipiente com água depois do gelo estar totalmente derretido.

2. Na tabela seguinte apresentam-se três afirmações, sobre os estados físicos da água, que podem ser verdadeiras ou falsas. Para cada afirmação, discutam se é verdadeira, se é falsa ou se não sabem responder. Apresentem argumentos a favor das vossas opções. Podem usar algumas das evidências indicadas na página anterior ou outras que vos pareçam adequadas.

<i>Afirmação</i>	<i>Verdadeira / Falsa / Não sabemos</i>
(I) A água só passa ao estado gasoso acima dos 100 °C.	
(II) O nevoeiro é constituído apenas por água no estado gasoso, mas com uma concentração muito elevada.	
(III) Quando a água passa do estado sólido para o estado líquido, os corpúsculos que a constituem perdem massa, isto é, ficam mais «leves».	

(a) A afirmação (I) é _____ porque...

(b) A afirmação (II) é _____ porque...

(c) A afirmação (III) é _____ porque...

Tarefa 2

(Parte 2)

Estados físicos da matéria



Scott Kelly é astronauta da NASA e passou um ano na Estação Espacial Internacional. Uma das coisas que inventou para se distrair nos tempos livres foi um jogo de ping-pong com uma bola totalmente feita de água. As raquetes que usa são duas pás hidrofóbicas, isto é, pás revestidas com um material que repele a água e que permite que a bola não fique agarrada à raquete logo após a primeira pancada. Para manter a bola inteira as pancadas têm de ser muito suaves.

(Adaptado de <http://hypescience.com/no-espaco-e-possivel-jogar-ping-pong-com-agua/>)

Ping-pong espacial

Vejam a demonstração do astronauta Scott e respondam às questões, em pares.

1. Por que é que, na estação espacial, a água ao sair do recipiente não escorre? Assinalem qual das afirmações seguintes responde mais adequadamente à questão.
 - (A) Porque não está no estado líquido. Qualquer líquido fora de um recipiente escorre.
 - (B) Porque, na estação espacial, a água se comporta como um fluido viscoso.
 - (C) Porque, na estação espacial, o peso dos corpos é mais reduzido do que à superfície da Terra.
 - (D) Porque, na estação espacial, a força gravítica exercida pela Terra nos corpos é nula.

2. Apresentem argumentos que convençam os outros pares que a vossa opção é a mais adequada.

Expliquem por que razão as outras opções não são adequadas.

Podem usar as evidências apresentadas no quadro fornecido pelo professor ou outras que considerem pertinentes.

Estamos convencidos que a opção _____ é a que explica mais adequadamente o fenómeno porque. . .

Estamos convencidos que a opção _____ não é adequada porque. . .

Estamos convencidos que a opção _____ não é adequada porque. . .

Estamos convencidos que a opção _____ não é adequada porque. . .

Reflete sobre o que aprendeste

Responde individualmente.

3. O que aprendeste na tarefa 2 (partes 1 e 2)?

4. Que dificuldades sentiste na realização desta tarefa (partes 1 e 2) e como as ultrapassaste?

5. Como me comportei no grupo? Marca com um X, na tabela abaixo, o nível que te parece corresponder melhor ao modo como te comportaste no grupo.

	3-muito	2-suficiente	1-pouco
1. Participei ativamente nas discussões?			
2. Prestei atenção às opiniões dos elementos do grupo?			
3. Ajudei a ultrapassar divergências dentro do grupo?			
4. Usei argumentos convincentes para apoiar as minhas afirmações?			
5. Ajudei os meus colegas de grupo quando foi necessário?			
6. Pesquisei informação para responder a cada uma das questões?			
7. Terminei a minha parte do trabalho com rapidez?			

Tarefa 2 (parte 2)

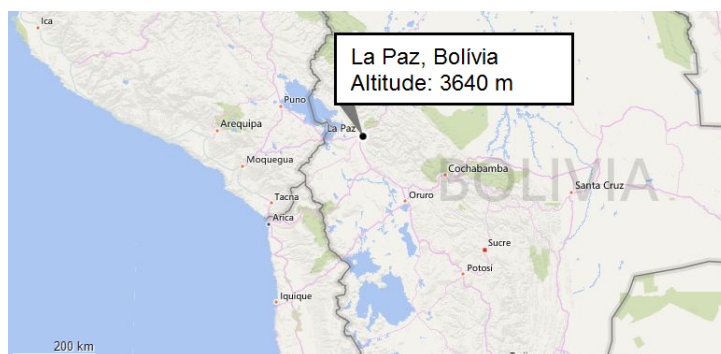
Evidências

- A estação espacial move-se em torno da Terra a uma altitude de 400 km.
- Todos os corpos sólidos, na estação espacial, se não estiverem fixos às paredes, flutuam.
- Na Terra, uma gota de líquido, se for suficientemente pequena para conseguir flutuar no ar, apresenta uma forma aproximadamente esférica.
- Uma substância gasosa expande-se por todo o espaço disponível do local onde se encontra, porque a interação entre os corpúsculos que as constituem são muito reduzidas.
- Nos líquidos, as forças atrativas entre os corpúsculos submicroscópicos fazem com que estes se mantenham próximos uns dos outros. Os corpúsculos podem movimentar-se ao longo de todo o volume do líquido, mas sem que haja variação significativa do volume total do líquido.
- Nos sólidos, as forças atrativas entre os corpúsculos submicroscópicos fazem com que estes mantenham as suas posições relativas. Os corpúsculos não podem mudar de posição no sólido e, por isso, os sólidos têm forma fixa.

Tarefa 3

(Parte 1)

Pontos de fusão e ebulição



Por que é que em La Paz a água ferve a $88\text{ }^{\circ}\text{C}$?

O André tem um amigo em La Paz que se chama Pablo. O Pablo contou-lhe que fez no laboratório da escola a medição da temperatura da água em função do tempo de aquecimento e verificou que a temperatura da água líquida não subia acima dos $88\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perto desta temperatura verificou que se começam a libertar bolhas de vapor, que se formam até a água desaparecer completamente. O André ficou intrigado com isto e pensava para si: *Por que será que em La Paz a água ferve a $88\text{ }^{\circ}\text{C}$?* Na sua escola tinha aprendido que a água fervia a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e por isso a temperatura devia subir até esse valor...

Mais tarde foi à procura de dados e encontrou a seguinte informação:

Pressão atmosférica média em locais com diferente altitude em relação ao nível do mar

Altitude (m)	Pressão (kPa)
0	101
120	100
1980	81
3640	66
8850	34

Pontos de fusão e ebulição da água para diferentes valores da pressão atmosférica

Pressão (kPa)	Ponto de fusão ($^{\circ}\text{C}$)	Ponto de ebulição ($^{\circ}\text{C}$)
100	0,0	100
81	0,0	94
66	0,0	88
34	0,0	72
2,3	0,0	20

Trabalhando em pares respondam às questões seguintes, usando os dados referidos acima, ou outros que considerem adequados.

1. Expliquem por que razão em La Paz o ponto de ebulição da água é $88\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A nossa ideia é...

As evidências que apoiam a nossa ideia são...

2. O André faz uma experiência com uma seringa.

Ao olhar com atenção para os dados que encontrou, o André imaginou uma maneira de fazer a água ferver à temperatura ambiente. Colocou 1 mL de água numa seringa. Retirou todas as bolhas de ar. Tapou a ponta da seringa e puxou o êmbolo cuidadosamente. Por último, mantendo sempre a ponta da seringa bem fechada, deixou o êmbolo voltar à posição inicial, *de modo suave*. Ficou admirado com o que observou...

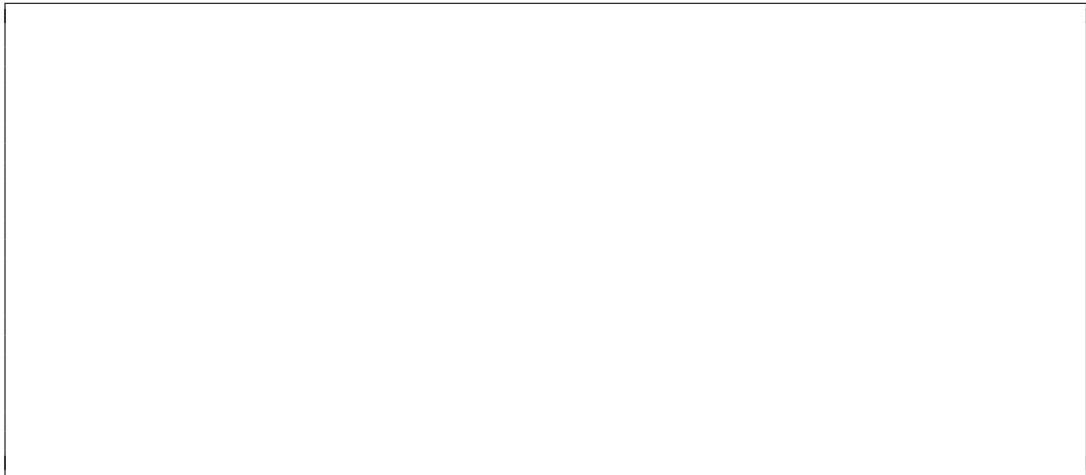


(a) O que pensam que observou o André na seringa? Escrevam as vossas previsões.

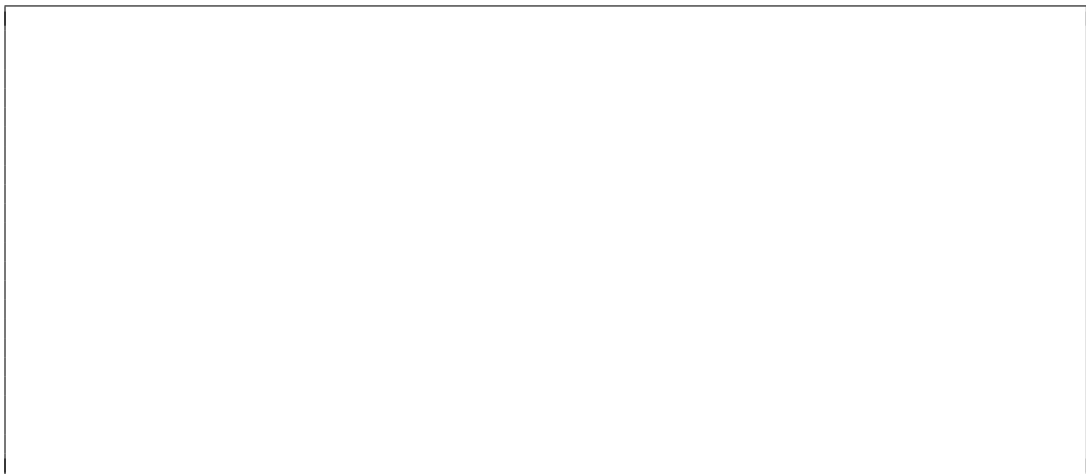
(b) Apresentam argumentos a favor das vossas previsões.

3. Peçam ajuda ao professor para reproduzir a experiência feita pelo André e respondam às questões seguintes.

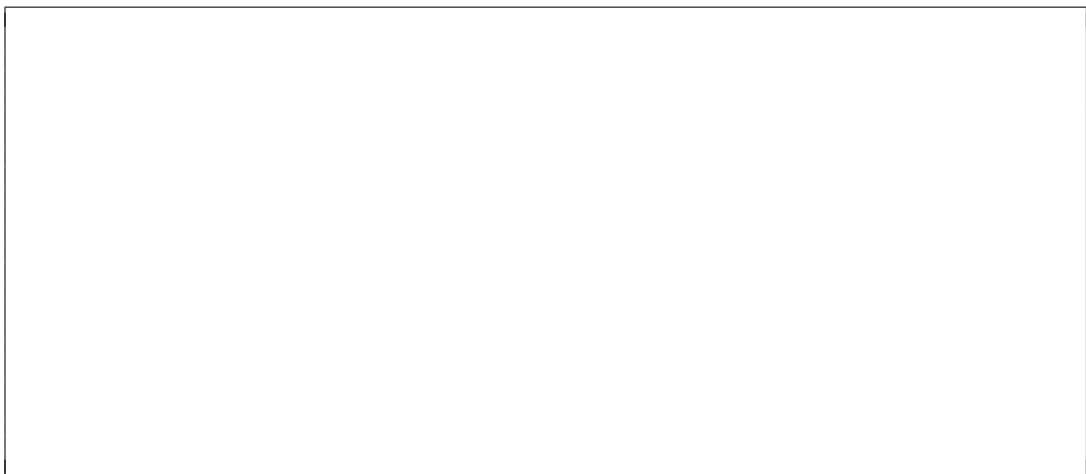
(a) Descrevam com o maior detalhe possível o que observam na experiência?



(b) Expliquem as observações que registaram.



(c) Apresentem argumentos para convencer os outros pares que a vossa explicação é cientificamente válida.



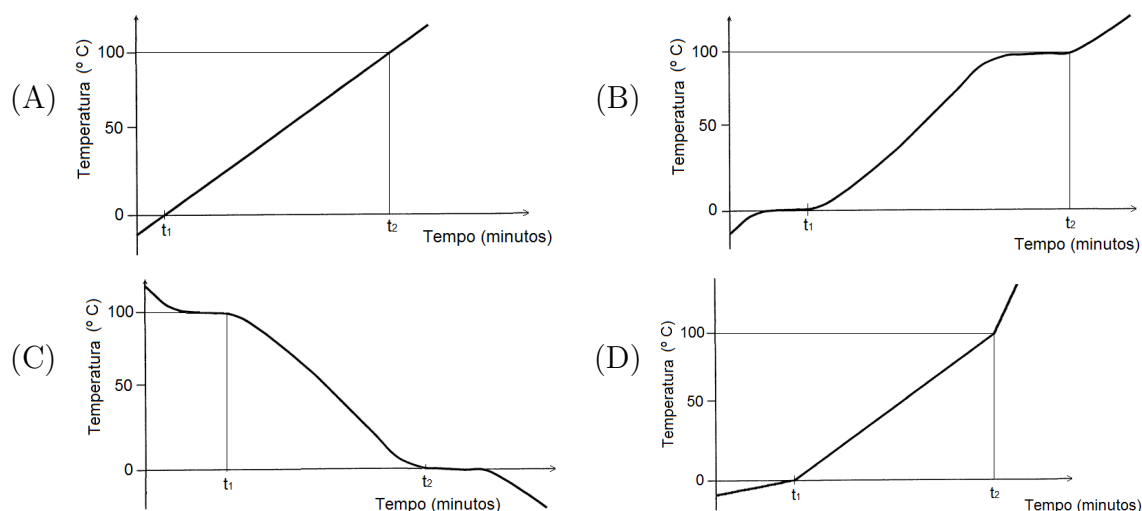
Tarefa 3

(Parte 2)

Pontos de fusão e ebulição

Na escola do André, em Lisboa, também estiveram a estudar as mudanças de estado físico, e os pontos de fusão e ebulição da água. Para isso, planejaram, em grupos, uma experiência para observar como varia a temperatura da água, quando é aquecida. Decidiram começar com um bloco de gelo a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e observar a evolução da temperatura da água, em função do tempo, até se transformar em vapor. Antes de realizar a experiência, os grupos fizeram uma previsão da forma que teria o gráfico da temperatura em função do tempo de aquecimento.

Os gráficos propostos foram os seguintes. Até ao tempo t_1 é medida a temperatura da água no estado sólido (gelo); entre t_1 e t_2 é medida a temperatura da água no estado líquido e a partir de t_2 é medida a temperatura da água no estado gasoso (vapor).



Do gelo ao vapor

Qual é o gráfico que melhor representa a situação?

1. Discutam em pares qual dos gráficos representa melhor a variação da temperatura da água quando é aquecida a partir dos $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ até se transformar em vapor. Depois apresentem argumentos que convençam os outros pares que a vossa opção é a que melhor representa a situação. Podem usar as evidências apresentadas no quadro da página seguinte ou outras que considerem pertinentes.

O gráfico que melhor representa a situação é o _____.

Evidências

- À pressão atmosférica normal, o ponto de fusão da água é $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- À pressão atmosférica normal, a água entra em ebulição a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- A temperatura de uma substância enquanto está no estado sólido, não ultrapassa a temperatura do seu ponto de fusão.
- A temperatura de uma substância enquanto está no estado líquido, não ultrapassa a temperatura do seu ponto de ebulição.
- Quando se aquece uma substância, a sua temperatura aumenta de forma constante, desde que o estado físico não mude.
- A pressão atmosférica em Lisboa é habitualmente próxima da pressão atmosférica normal.

As evidências que apoiam a nossa opção são...

Os argumentos contra a nossa opção são...

Nós tentaríamos convencer uma pessoa que estivesse em desacordo connosco dizendo que...

Reflete sobre o que aprendeste

Responde individualmente.

2. O que aprendeste na tarefa 3 (partes 1 e 2)?


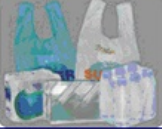
3. Que dificuldades sentiste na realização desta tarefa (partes 1 e 2) e como as ultrapassaste?

4. Como me comportei no grupo? Marca com um X, na tabela abaixo, o nível que te parece corresponder melhor ao modo como te comportaste no grupo.

	3-muito	2-suficiente	1-pouco
1. Participei ativamente nas discussões?			
2. Prestei atenção às opiniões dos elementos do grupo?			
3. Ajudei a ultrapassar divergências dentro do grupo?			
4. Usei argumentos convincentes para apoiar as minhas afirmações?			
5. Ajudei os meus colegas de grupo quando foi necessário?			
6. Pesquisei informação para responder a cada uma das questões?			
7. Terminei a minha parte do trabalho com rapidez?			

Tarefa 4







Massa volúmica

Plástico	Símbolo	Aplicação
PET		
PEAD		
PVC		
PEBD		

As embalagens de plástico que utilizamos diariamente, transformam-se em resíduos se não forem recicladas. A reciclagem permite um reaproveitamento eficiente dos materiais, que poluiriam o ambiente se fossem abandonados. No processo de reciclagem é importante a identificação dos diferentes tipos de plásticos, porque as técnicas usadas no seu processamento são diferentes. Alguns objetos de plástico apresentam um símbolo que facilita a identificação do tipo de plástico que os constitui. Quando isso não acontece é necessário recorrer às propriedades dos materiais para a sua identificação. Uma das propriedades que é usada, em conjunto com outras, na identificação dos diferentes tipos de plásticos é a massa volúmica. Dado que os plásticos que usamos são habitualmente misturas, a massa volúmica de cada tipo de plástico dependerá das substâncias que entram na sua composição.

(Adaptado de <http://www.plastval.pt>)

Tipos de plásticos, massas volúmicas típicas e algumas aplicações

Símbolo	Tipo de plástico	Massa volúmica (g/cm ³)	Exemplos de aplicações
	PET (politereftalato de etileno)	1,34–1,45	Embalagens transparentes de água ou de refrigerantes, etc.
	PEAD (polietileno de alta densidade)	0,94–0,98	Embalagens de detergentes ou medicamentos, tampas de garrafas, etc.
	PVC (policloreto de vinilo)	1,1–1,45	Tubagens, revestimentos de fios elétricos, etc.
	PEBD (polietileno de baixa densidade)	0,88–0,94	Sacos de plástico, etc.
	PP (polipropileno)	0,85–0,95	Embalagens rígidas, pára-choques de automóveis, etc.
	PS (poliestireno)	0,96–1,08	Caixas de CD de música, talheres descartáveis, etc.
	EPS (poliestireno expandido)	0,01–0,6	Embalagens de equipamento eletrónico, placas para isolamento térmico, etc.

Qual é o tipo de plástico?

Trabalhando em grupo descubram o tipo de plástico que constitui cada um dos três materiais disponíveis na bancada.

1. Determinem a massa volúmica de cada material respondendo às questões seguintes.
 - (a) Descrevam, com o maior detalhe possível, os procedimentos usados para medir os volumes de cada um dos materiais.

- (b) Determinem o volume de cada um dos objetos e indiquem o erro instrumental associado a cada uma das medições efetuadas.

- (c) Determinem a massa de cada um dos objetos e indiquem o erro instrumental associado a cada uma das medições efetuadas.

- (d) Determinem a massa volúmica de cada um dos objetos.

- (e) Identifiquem, tendo em conta os resultados obtidos, qual é o tipo de plástico que constitui cada um dos materiais.

Tipo de plástico
Material A
Material B
Material C

Teste de flutuação

2. Um material flutua num líquido de massa volúmica superior à sua própria massa volúmica. Para confirmar os resultados obtidos pelos grupos o professor preparou quatro soluções com as massas volúmicas indicadas na tabela abaixo. Vamos experimentar os materiais nas soluções.

(a) Indiquem em qual das soluções flutuou cada um dos materiais.

Massa volúmica da solução (g/cm ³)	Material A	Material B	Material C
0,94			
1,00			
1,10			
1,35			

(b) Identifiquem, tendo em conta este teste, qual é o tipo de plástico que constitui cada um dos materiais.

Tipo de plástico
Material A
Material B
Material C

3. Discutam em grupo os pontos fracos e fortes de cada uma das técnicas usadas para identificar os tipos de plástico e depois apresentem as vossas conclusões.

(a) Indiquem os pontos fracos e fortes de cada uma das técnicas usadas para identificar os tipos de plástico.

- (b) Apresentem as vossas conclusões sobre o tipo de plástico que constitui cada um dos materiais.

	Tipo de plástico
Material A	_____
Material B	_____
Material C	_____

- (c) Apresentem argumentos a favor das vossas opções.

Reflete sobre o que aprendeste

Responde individualmente.

4. O que aprendeste na tarefa 4?

5. Que dificuldades sentiste na realização desta tarefa e como as ultrapassaste?

6. Como me comportei no grupo? Marca com um X, na tabela abaixo, o nível que te parece corresponder melhor ao modo como te comportaste no grupo.

	3-muito	2-suficiente	1-pouco
1. Participei ativamente nas discussões?			
2. Prestei atenção às opiniões dos elementos do grupo?			
3. Ajudei a ultrapassar divergências dentro do grupo?			
4. Usei argumentos convincentes para apoiar as minhas afirmações?			
5. Ajudei os meus colegas de grupo quando foi necessário?			
6. Pesquisei informação para responder a cada uma das questões?			
7. Terminei a minha parte do trabalho com rapidez?			

Tarefa 5

(Parte 1)

Processos físicos de separação de materiais



No laboratório misturou-se 7,0 g de cloreto de sódio, 12,0 g de areia e 15,0 g de limalha de ferro. Pretende-se obter cada um dos materiais em separado, para os poder reaproveitar.

Como separar os materiais?

Discutam em grupo, de que modo se podem separar os materiais e qual a sequência mais adequada para realizar a separação. Usem a informação do manual e os dados fornecidos pelo professor sobre cada um dos materiais.

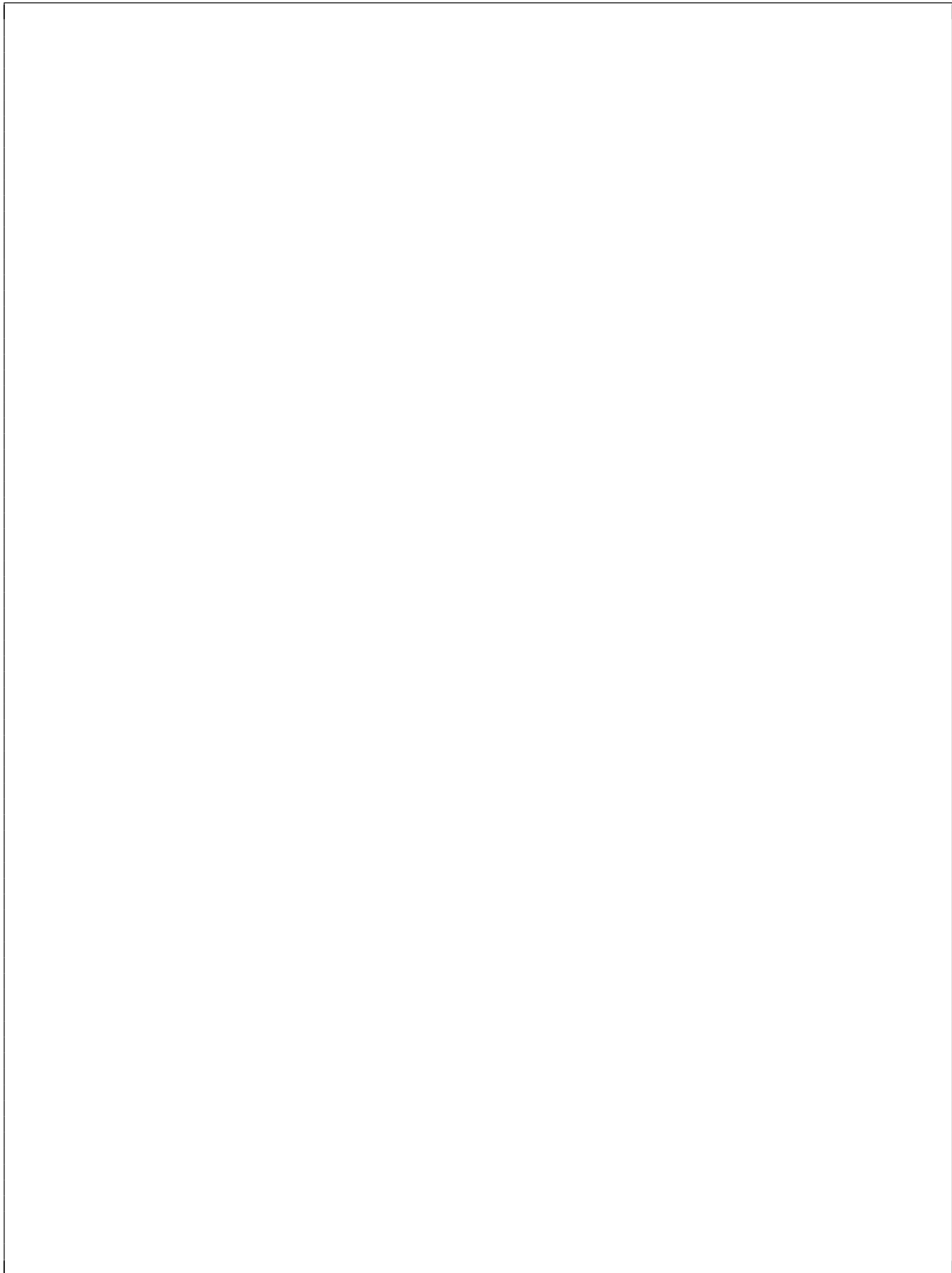
1. Indiquem o modo e a sequência mais adequada para separar os três materiais.

(a) O primeiro material que vamos separar é _____
Como? Usando...

(b) O segundo material que vamos separar é _____
Como? Usando...

(c) O terceiro material que vamos separar é _____
Como? Usando...

2. Apresentem argumentos que convençam os outros grupos que os processos e a sequência propostas são os mais adequados.



Na próxima iremos ao laboratório realizar a separação da mistura.

Tragam esta folha para vos guiar no processo.

Tarefa 5 (parte 1)

1. Dados sobre os materiais da mistura:

cloreto de sódio

- é uma substância
- massa volúmica à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal: $2,2 \text{ g/cm}^3$
- ponto de fusão à pressão atmosférica normal: $801 \text{ }^\circ\text{C}$
- ponto de ebulição à pressão atmosférica normal: $1413 \text{ }^\circ\text{C}$
- aspeto de granulado fino branco, composto por partículas sólidas, na sua maior parte com diâmetro inferior a $0,2 \text{ mm}$
- não é atraído por um íman
- solubilidade em água a $25 \text{ }^\circ\text{C}$: $0,36 \text{ g/cm}^3$

limalha de ferro

- é uma mistura cujo constituinte principal é ferro
- massa volúmica à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal: aproximadamente $7,8 \text{ g/cm}^3$
- ponto de fusão à pressão atmosférica normal: aproximadamente $1535 \text{ }^\circ\text{C}$
- ponto de ebulição à pressão atmosférica normal: aproximadamente $2750 \text{ }^\circ\text{C}$
- aspeto de granulado fino cinzento, composto por partículas sólidas, na sua maior parte com diâmetro inferior a $0,1 \text{ mm}$
- propriedades magnéticas: atraída por um íman
- insolúvel em água: as partículas de dimensão mais reduzida podem misturar-se com a água aumentando a sua turbidez

areia

- é uma mistura cujo constituinte principal é óxido de silício
- massa volúmica à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal: aproximadamente $2,2 \text{ g/cm}^3$
- ponto de fusão à pressão atmosférica normal: aproximadamente $1710 \text{ }^\circ\text{C}$
- ponto de ebulição à pressão atmosférica normal: aproximadamente $2950 \text{ }^\circ\text{C}$
- aspeto de granulado fino, composto na sua maior parte por partículas com diâmetro inferior a $0,2 \text{ mm}$
- não é atraída por um íman
- insolúvel em água: as partículas de dimensão mais reduzida podem misturar-se com a água aumentando a sua turbidez

Tarefa 5

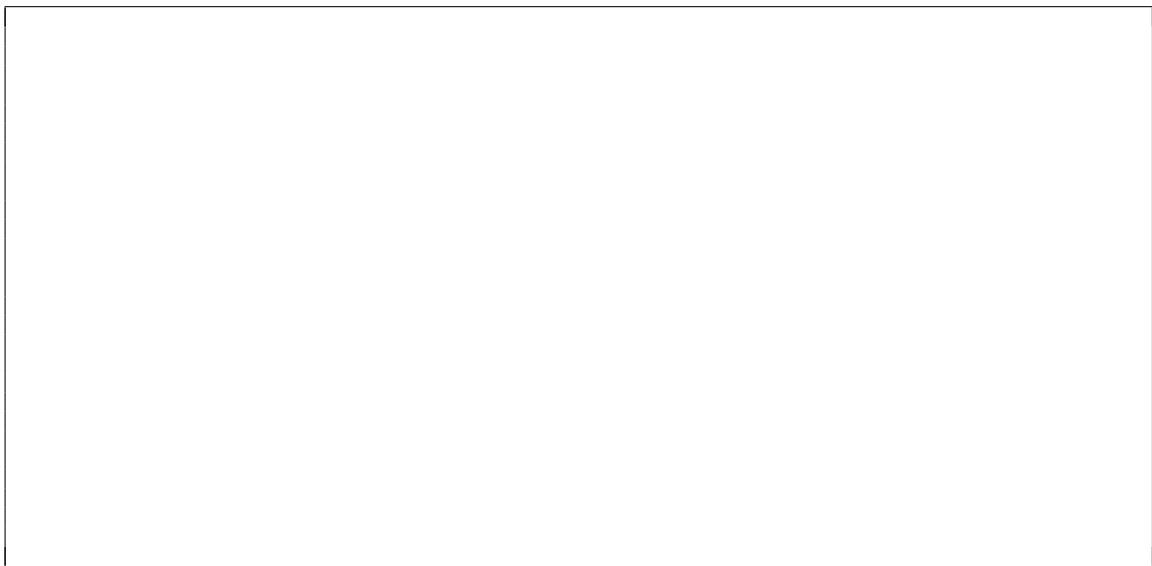
(Parte 2)

Processos físicos de separação de materiais

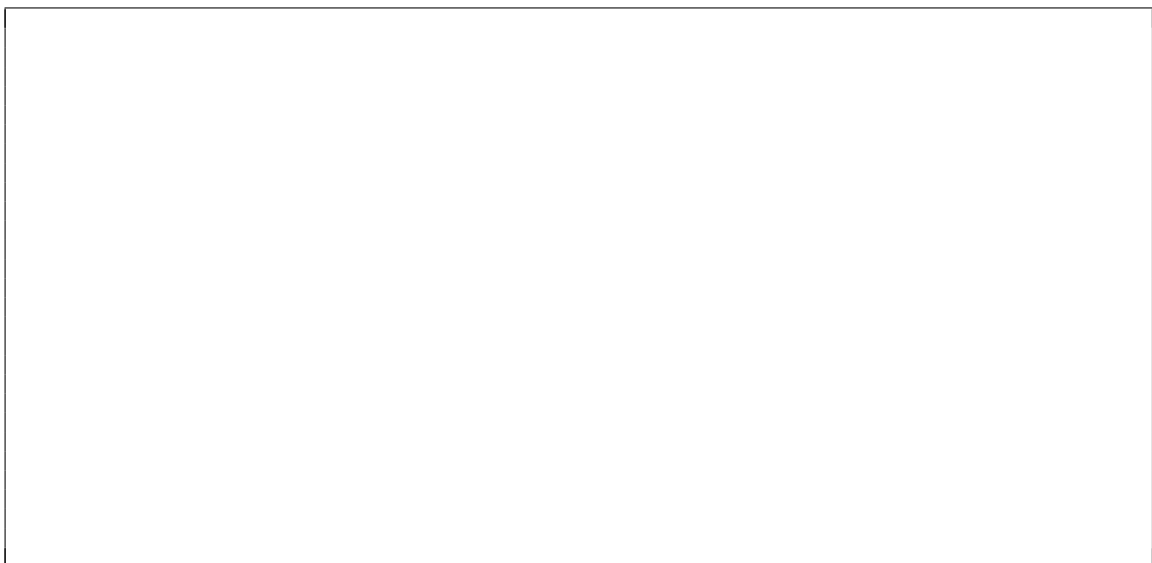
Como separar os materiais?

Executem o procedimento definido na aula anterior, registem as vossas observações e depois respondam às questões seguintes.

1. Registem todas as observações que vos parecerem importantes.



2. Indiquem os resultados que obtiveram. Conseguiram separar os três materiais? Que quantidade conseguiram obter de cada um deles?



3. Se voltassem a repetir a experiência:
- (a) Realizariam a separação de cada material do mesmo modo?
 Sim Não
 - (b) Usariam a mesma sequência para a separação dos três materiais?
 Sim Não
4. Indiquem alterações que se poderiam fazer ao procedimento.

Apresentem argumentos que mostrem as vantagens (se responderam afirmativamente a alguma das alíneas da questão 3) ou desvantagens (se responderam negativamente a ambas as alíneas da questão 3) de fazer as alterações que indicaram.

Reflete sobre o que aprendeste

Responde individualmente.

5. O que aprendeste na tarefa 5 (partes 1 e 2)?

6. Que dificuldades sentiste na realização desta tarefa e como as ultrapassaste?

7. Como me comportei no grupo? Marca com um X, na tabela abaixo, o nível que te parece corresponder melhor ao modo como te comportaste no grupo.

	3-muito	2-suficiente	1-pouco
1. Participei ativamente nas discussões?			
2. Prestei atenção às opiniões dos elementos do grupo?			
3. Ajudei a ultrapassar divergências dentro do grupo?			
4. Usei argumentos convincentes para apoiar as minhas afirmações?			
5. Ajudei os meus colegas de grupo quando foi necessário?			
6. Pesquisei informação para responder a cada uma das questões?			
7. Terminei a minha parte do trabalho com rapidez?			

Apêndice C

Guião da entrevista em grupo focado

Quadro C.1: Dimensões e objetivos que estruturaram o guião da entrevista

Dimensões	Objetivos	Questões
Aprendizagens	Identificar as principais aprendizagens realizadas pelos alunos	<ol style="list-style-type: none">1. Como é que as tarefas que realizaram contribuíram para a vossa aprendizagem sobre o tema «Propriedades físicas e mudanças de estado»?2. De que modo é que as tarefas desenvolvidas foram ou não úteis para a vossa aprendizagem?3. Como consideram que aprenderam mais?<ol style="list-style-type: none">(a) Ao pesquisar informação?(b) Ao realizar trabalho no laboratório?(c) Ao discutir com os colegas de grupo?(d) Durante as discussões com toda a turma?(e) Ao formular argumentos para apoiar as opções do grupo?4. De que forma o uso de argumentação científica é importante para a vossa aprendizagem em Física e Química?5. E de que forma o que aprenderam nas tarefas influencia a vossa compreensão sobre o as propriedades físicas dos materiais?

Quadro C.1: Guião da entrevista (cont.)

Dimensões	Objetivos	Questões
Dificuldades	Compreender as principais dificuldades sentidas pelos alunos durante a realização das tarefas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quais foram as principais dificuldades que sentiram durante a realização das tarefas? 2. Em que situações sentiram mais dificuldades? <ol style="list-style-type: none"> (a) Quando havia divergências dentro do grupo? (b) Ao formular argumentos para apoiar as ideias do grupo? (c) Ao escutar os argumentos ou observações comunicadas pelos outros grupos? (d) Ao registar as observações realizadas nas experiências? (e) Ao transmitir das vossas ideias aos colegas da turma? (f) Ao procurar evidências para apoiar as vossas ideias?
Estratégias	Conhecer as principais estratégias utilizadas pelos alunos para ultrapassar as dificuldades.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Que estratégias utilizaram para ultrapassar as dificuldades? 2. Que outras estratégias poderiam ter utilizado para conseguirem compreender melhor os assuntos estudados? 3. O que gostariam de ter feito nas aulas para aprender mais sobre as «Propriedades físicas e mudanças de estado»? Porquê?