Cristina Maria Correia Marques

CONTRIBUTOS PARA A PROMOÇÃO DE APRENDIZAGENS DE QUALIDADE EM QUÍMICA INTRODUTÓRIA NO ENSINO SUPERIOR

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

VILA REAL, 2010

Tese orientada por:

Professor Doutor Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes

Professora Doutora Maria João Marques Paz Melo de Carvalho

Este trabalho foi expressamente elaborado como dissertação original para o efeito de obtenção do grau de Doutor em Química, de acordo com o disposto no Decreto-Lei – 216/92, de 13 de Outubro.

Aos meus alunos

À minha família

AGRADECIMENTOS

A realização de um doutoramento não é obra de uma pessoa só. Pela sua natureza, é um trabalho que envolve obrigatoriamente muitas pessoas. Umas, envolvidas directamente no trabalho científico, outras, relacionadas com o restante serviço, outras ainda pertencentes ao círculo familiar, social e de amizade do doutorando. No meu caso, todas elas importantes e algumas até determinantes na participação que tiveram no desenrolar destes últimos oito anos da minha vida.

O amor e a amizade de uns, a solidariedade de outros, o profissionalismo e a competência de outros tantos, são parte intrínseca daquilo que sou hoje e, por isso, também do trabalho que aqui mostro.

Não creio que existam patamares ou níveis diferentes onde colocar as pessoas a quem quero publicamente agradecer. Todas elas se encontram em esferas que, juntamente com a minha esfera pessoal, se intersectam criando os vários domínios da nossa existência, todos eles fundamentais.

Por isso, sem nenhum critério que não seja o habitual, quero então agradecer, com toda a sinceridade e reconhecimento:

Ao Professor Doutor Joaquim Bernardino Lopes, pela sua sabedoria e competência, mas também pelo estímulo, paciência e amizade.

À Professora Doutora Maria João Melo de Carvalho, pelas discussões científicas, disponibilidade permanente, dedicação, apoio e amizade e pela sua acção determinante em momentos *chave* deste trabalho.

À Professora Doutora Maria Manuel Oliveira, pela disponibilização da regência da disciplina que me permitiu a implementação da minha investigação.

Aos colegas responsáveis pelas coordenações do Departamento de Química, pela contribuição prestada.

Às minhas colegas e amigas, Maria João, Margarida, Rosa e Mané pelo seu apoio incondicional em fases determinantes.

A todos os restantes amigos, pelo apoio e encorajamento que me deram continuamente.

À minha família, pelo apoio e pelas palavras de incentivo e coragem que sempre me fizeram chegar.

RESUMO

Esta proposta de investigação tem como objectivo principal constituir-se numa contribuição para melhorar as aprendizagens dos estudantes em conhecimentos, competências e atitudes, da disciplina de Química da licenciatura em Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Assim, propusemo-nos encontrar alguns contributos para o problema geral de investigação *Como promover a qualidade das aprendizagens dos estudantes, de uma disciplina do âmbito de química introdutória?* procurando respostas para as seguintes três questões de investigação:

Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*

Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*

Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*

O trabalho de investigação partiu da concepção, implementação, gestão e avaliação de um desenho curricular, fundamentado em princípios sócio-construtivistas, e foi desenvolvido com a constituição de dois estudos de caso do tipo investigação-acção e de dois estudos de caso do tipo avaliativo.

Esta investigação subdividiu-se em duas fases que decorreram ao longo de três períodos distintos dos anos lectivos de 2004/05 (1ª fase: 1º caso investigação acção e 1º caso avaliativo), 2005/06 (2ª fase: 2º caso avaliativo) e 2006/07 (2ª fase: 2º caso investigação-acção). Entre estas duas fases decorreu um ensaio à segunda fase, que teve lugar no primeiro semestre do ano lectivo de 2005/06.

Deste estudo emergiram quatro resultados fundamentais:

• As tarefas são um aspecto fundamental do desenho curricular que promove aprendizagens de qualidade: quando apresentadas de modo a serem executadas no contexto, e a partir da análise, de situações reais; quando apresentadas sob a forma de problema a resolver; e quando apresentadas numa sequência em que as tarefas se tornam gradualmente mais abertas e menos estruturadas.

• O desenho curricular, ao integrar tarefas de vários tipos para os estudantes executarem, concomitantemente com um planeamento apurado da mediação a usar, contribui para desenvolver conhecimentos e competências de qualidade. As

competências desenvolvidas poderão ser de alto nível se as tarefas se articularem com trabalho laboratorial, apresentado sob a forma de problema a resolver, e com trabalho por projecto.

• A mediação das aprendizagens dos estudantes e de questões relacionadas com a implementação do currículo promovem aprendizagens de qualidade. Dos aspectos desta mediação, destacam-se: (i) abordagem das dificuldades dos estudantes na sala de aula; (ii) estabelecimento de um fio condutor entre as várias componentes do currículo ao longo do ensino; (iii) alternância da orientação dada com a autonomia concedida aos estudantes na execução das suas tarefas.

• Articular todos os aspectos da concepção de um desenho curricular com as interacções mediadoras das aprendizagens dos estudantes requer, antes de mais, um professor atento e empenhado. No entanto, os seus esforços devem ir sempre no sentido de melhorar a sua performance profissional, pois mostrámos que as aprendizagens dos estudantes melhoram os seus níveis de qualidade se o professor for também ele melhorando as suas competências diversas e complexas de ensinar.

ABSTRACT

The main objective of this work is to provide a significant contribution to improve students' learning quality in knowledge, competences and attitudes in field of introductory chemistry, implemented in the chemistry discipline of the Applied Ecology course of the University of Trás-os-Montes e Alto Douro.

We proposed to obtain answers to the problem of investigation *How to promote students' quality of learnings, applied to an introductory chemistry ambit discipline?*, asking for answerers to three questions of investigation:

Q1 – *What aspects of curriculum design are important to promote the quality of learnings?*

Q2 – *What aspects are important in implementation and management of a curriculum design to promote the quality of learning?*

Q3 – *What's the role of the teacher and his professional development in quality of learnings?*

This research work began in conception, implementation, management and assessment of a curriculum design, based in socio-constructivist principles, and was developed with the constitution of two case studies of investigation-action type and two case studies of evaluative type, during some semesters in 2004/05, 2005/06 and 2006/07.

The questions Q1, Q2 and Q3 leads to four major results:

• The tasks are a fundamental issue of the curriculum design that promotes quality learning: when presented in a real context with real situation analysis; when presented in a problem-solve form; and when presented in a task sequence gradually more open and less structured.

• The curriculum design with several tasks to be done by students, with a well defined mediation management, is a support to develop quality knowledge and competencies. The developed competencies could be of high quality if articulation between tasks and laboratory work and project work is present. The laboratory activity is given has a problem to solve.

• The mediation of students' learnings and issues related with curriculum implementation promotes quality learning. We must emphasize these mediation aspects: (i) help the students to deal with their difficulties in the classroom and keep the students informed about the quality standards to achieve; (ii) show the bond stream during the classes; (iii) teacher guidance with student's independent thinking and work must be present in an alternated way when students execute their tasks.

• Teaching professional development is also important to promote quality learnings when the teacher uses it in designing teaching-learning sequences and in mediating student's thinking.

AGRADECIMENTOS ix
RESUMO xi
ABSTRACT xii

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO 5
1.1. RELEVÂNCIA DO ESTUDO 7
1.2. PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO 9
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS 11
2.1. FUNDAMENTOS GERAIS 15
2.1.1. Fundamentação epistemológica 19
2.1.2. Fundamentação psicológica 59
2.1.3. Fundamentação com base em algumas linhas de investigação da Didáctica das Ciências 69
2.1.3.1. Concepções alternativas em ciência 70
2.1.3.2. Sequências de ensino e de aprendizagem 75
2.1.3.3. Trabalho laboratorial 82
2.1.3.4. Mediação do professor em sala de aula 91
2.1.3.5. Desenvolvimento profissional 97
2.2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO SITUAÇÃO FORMATIVA (ET-SF) 100
2.2.1. Conceitos centrais do ET-SF 102
2.2.2. O ET-SF para desenhar o currículo 110
2.2.3. O ET-SF para gerir o currículo 114
2.2.4. Estudos em Portugal que usaram o ET-SF 116
3. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO E ARTICULAÇÃO DAS DUAS FASES DO ESTUDO 117
3.1. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO 121
3.2. DESIGN GERAL DA INVESTIGAÇÃO 122
3.3. DESCRIÇÃO GERAL DO ESTUDO E ARTICULAÇÃO DAS DUAS FASES 125
4. PRIMEIRA FASE DO ESTUDO 127
4.1. APRESENTAÇÃO SUMÁRIA DO ESTUDO 131
4.2. CASO DA 1ª INTERVENÇÃO DIDÁCTICA 139
4.2.1. Descrição do desenho curricular 139
4.2.2. Instrumentos para recolha de dados 174

4.3. ANÁLISE DO ENSINO 186
4.3.1. Objectos, dimensões e categorias de análise do ensino 187
4.3.2. Descrição geral do ensino 191
4.3.3. Análise do ensino 202
4.4. ANÁLISE DOS DADOS RELATIVOS À APRENDIZAGEM 240
4.4.1. Observação directa (OD) com grelha de observação 240
4.4.2. Teste de competências (TC) 242
4.5. RESULTADOS PRELIMINARES 246
4.5.1. Resposta à questão de investigação Q1 246
4.5.2. Resposta à questão de investigação Q2 248
5. SEGUNDA FASE DO ESTUDO 251
5.1. ENSAIO PARA A SEGUNDA FASE 255
5.1.1.Pertinência da constituição da segunda fase 255
5.1.2. Breve descrição do ensaio para a segunda fase 256
5.2. APRESENTAÇÃO SUMÁRIA DO ESTUDO 258
5.3. CASO DA 2ª INTERVENÇÃO DIDÁCTICA 267
5.3.1. Descrição do desenho curricular 267
5.3.2. Instrumentos para recolha de dados 285
5.4. ANÁLISE DO ENSINO 296
5.4.1. Objectos, dimensões e categorias de análise do ensino 297
5.4.2. Análise do ensino 300
5.4.2.1. Análise do ensino para complementar resposta a Q1 300
5.4.2.2. Análise do ensino para complementar resposta a Q2 303
5.4.2.3. Análise do ensino para responder a Q3 317
5.4.3. Questionário aos estudantes acerca do ensino, da avaliação e do modo de estudar (QEAME) 319
5.5. ANÁLISE DOS DADOS RELATIVOS À APRENDIZAGEM 334
5.5.1. Teste de competências em química (TCQ) 334
5.5.2. Observação directa (OD) com grelha de observação 337
5.5.3. Grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP) 339
5.5.4. Síntese dos resultados de aprendizagem e sua relação com práticas de ensino 341
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO 343
6.1. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 347
6.1.1. Aspectos do desenho curricular importantes para promover aprendizagens de qualidade 347
6.1.2. Aspectos da implementação e gestão curriculares que são importantes para as aprendizagens de qualidade 357

6.1.3. Papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens 367
6.2. CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES PARA O AVANÇO DO CONHECIMENTO 377
6.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO 380
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 381
ANEXOS 393
ANEXO I Fichas de Trabalho (primeira fase do estudo) A1
ANEXO II Programa (primeira fase do estudo) A37
ANEXO III Trabalhos Laboratoriais (primeira fase do estudo) A47
ANEXO IV Fichas Teórico-práticas (primeira fase do estudo) A81
ANEXO V Instrumentos (primeira fase do estudo) A103
ANEXO VI Tabelas de Especificação de Situações Formativas (segunda fase do estudo) A137
ANEXO VII Fichas de Trabalho (segunda fase do estudo) A165
ANEXO VIII Trabalhos Laboratoriais (segunda fase do estudo) A185
ANEXO IX Fichas Teórico-práticas (segunda fase do estudo) A193
ANEXO X Programa (segunda fase do estudo) A221
ANEXO XI Instrumentos (segunda fase do estudo) A233

1. INTRODUÇÃO

1.1. RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Esta proposta de investigação insere-se no contexto de várias preocupações sentidas ao nível do ensino superior. Destas, destacam-se as relacionadas com:

1) a promoção da qualidade do ensino, um dos três grandes tópicos da discussão acerca do ensino superior na Europa, desde a década de 80 do século XX (Simão, Santos, & Costa, 2002). Visando este objectivo, têm sido desenvolvidos, desde 1993, programas de avaliação da qualidade das instituições e dos cursos do ensino superior portugueses, homologados pelo Ministério da Ciência e do Ensino Superior, condição prevista desde 1997, pela Constituição Portuguesa, para a salvaguarda da autonomia das instituições de ensino superior;

2) o elevado insucesso escolar, traduzido em taxas de repetência e de abandono, no 1º ano de cursos de ciências e de engenharias (Simão et al., 2002; Tavares, Santiago, & Lencastre, 2002). Sabe-se que em vários países, tal como em Portugal, as taxas de repetência nestas áreas, no início do 1º ano, atingem valores preocupantes, particularmente nas disciplinas de Matemática, Física e Química, podendo constituir o motivo principal para o abandono;

3) a necessidade de incrementar a formação da população, muito particularmente a formação científica e tecnológica, medida considerada fundamental por organizações internacionais, como a UNESCO, europeias, como o Conselho da Europa, e nacionais como o Ministério de Educação e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior na promoção do exercício pleno da cidadania, condição essencial em sociedades democráticas. A esta preocupação é dada ênfase crescente no ensino secundário e no ensino básico, em documentos ministeriais com orientações curriculares para estes níveis de ensino. No entanto, também as instituições do ensino superior têm vindo a ser consideradas como "… centros de cultura, de conhecimento e de investigação", onde se forja o "… desenvolvimento cultural, científico e técnico …", essencial para o "… futuro da humanidade …" (Simão et al., 2002, p. 42).

4) a necessidade de aumentar o número e diversidade de estudos sobre e no ensino superior, que contribuam para a promoção da qualidade das aprendizagens

dos estudantes. Este tipo de estudos insere-se numa linha de investigação recente em educação em ciência, que urge desenvolver e consolidar.

É, pois, nesta linha de preocupações que surge o trabalho de investigação proposto. Como professora de química no ensino superior e como investigadora em didáctica da química, a candidata a doutoramento pretendeu desenvolver um estudo que promovesse a qualidade das aprendizagens de química, concebendo, desenvolvendo e avaliando um currículo de uma disciplina do âmbito de química introdutória.

1.2. PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO

A ideia do trabalho de investigação que nos propusemos fazer assenta em contributos de vários tipos:

– As motivações deste trabalho de investigação, que se prendem essencialmente, com os problemas de aprendizagem dos estudantes e com o insucesso escolar no 1º ano dos cursos de ciências e de engenharias, particularmente em disciplinas do âmbito de química;

– Os resultados da investigação didáctica e a relevância que têm sobre o ensino e a aprendizagem em ciência e, portanto, também em química;

– A necessidade de mais investigações na sala de aula sobre abordagens de ensino baseadas no desenvolvimento curricular, em particular a nível do ensino superior.

Assim, o trabalho de investigação proposto está subordinado ao tema *Contributos para a Promoção de Aprendizagens de Qualidade em Química Introdutória no Ensino Superior* e propomo-nos encontrar alguns contributos para o problema geral de investigação:

– *Como promover a qualidade das aprendizagens dos estudantes, de uma disciplina do âmbito de química introdutória?*

procurando respostas para as seguintes três questões de investigação:

Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*

Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*

Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*

Com o problema geral de investigação pretende contribuir-se para melhorar as aprendizagens dos estudantes em conhecimentos, competências e atitudes, de uma disciplina do âmbito de química introdutória de uma licenciatura do ensino superior. O estudo do problema geral da investigação e das questões de investigação fez-se focando: (a) a concepção do currículo e respectiva monitorização; (b) as práticas de ensino em sala de aula e sua relação com as aprendizagens alcançadas pelos estudantes.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Esta investigação apoia-se num quadro teórico relevante, coerente com princípios sócio-construtivistas dos processos de ensino e de aprendizagem, na linha do desenvolvimento curricular. Este quadro teórico está, pois, fundamentado, em termos gerais, segundo várias dimensões, a saber, da epistemologia (secção 2.1.1.), da psicologia da aprendizagem (secção 2.1.2.) e em algumas linhas de investigação da didáctica das ciências (secção 2.1.3.). Na secção seguinte, 2.2., apresenta-se o quadro teórico de referência *Enquadramento Teórico Situação Formativa* (ET-SF), explicitando e articulando os seus conceitos centrais (secção 2.2.1.), descrevendo as ferramentas concebidas e a forma de as usar para desenhar o currículo (secção 2.2.2.) e descrevendo os processos para gerir o currículo na sala de aula (secção 2.2.3.).

2.1. FUNDAMENTOS GERAIS

O nosso trabalho de investigação insere-se num quadro de referência, que Cachapuz e os seus colaboradores designam por *Nova Didáctica* (Cachapuz, Praia, Gil-Pérez, Carrascosa, & Martínez-Terrades, 2001). A natureza deste quadro decorre da integração de conhecimentos de várias áreas do saber, para além dos da própria ciência, como a epistemologia, a história da ciência e a aprendizagem do conhecimento científico, envolvendo aspectos ético-valorativos, vistos segundo uma perspectiva sócio-construtivista. Aqueles autores (Cachapuz et al., 2001) destacam que a *didáctica das ciências* é um domínio epistemológico recente e "… não é uma aplicação das Ciências da Educação, nem uma projecção intradisciplinar das «disciplinas mãe»" (p. 155). Na mesma linha de pensamento está Martins (2006) ao afirmar que "… a didáctica das ciências deixou de ser simplesmente a soma de conteúdos das disciplinas científicas e da psicopedagogia para tornar-se um campo específico do conhecimento" (p. 3). Outros investigadores corroboram esta perspectiva, como Mellado e Carracedo (1993), Badillo (2004) e Gil-Pérez et al. (2002).

Cachapuz et al. (2001) esclarecem que, nas décadas de 60, 70 e 80, a didáctica das ciências era vista como uma aplicação prática, mecânica, das ciências da educação, que procurava desenvolver inovações a aplicar na sala de aula. Por exemplo, Tiberghien (1985), apesar de reconhecer ligações estreitas da didáctica com a própria disciplina científica e com a psicologia, as ciências da educação, a sociologia, a história da ciência e a epistemologia, distingue os investigadores em didáctica daqueles em psicologia, em ciências da educação e em sociologia pela sua preocupação d' *a transmissão do saber* de uma disciplina específica, e considera que a didáctica (da física, no caso) tem a inovação como uma componente importante, sendo esta vista como produção de meios de ensino e de transmissão do saber. Por outro lado, apesar de se reconhecer ligações com outras áreas do conhecimento, na realidade os estudos da didáctica das ciências eram essencialmente informados por conhecimentos teóricos do âmbito da psicologia da educação (Gil-Pérez, 1993; Mellado e Carracedo, 1993; Shulman, 1987; Tiberghien, 1985). Os seus estudos tinham um carácter pontual, eram parcos em fundamentação, que muitas vezes ignoravam os resultados obtidos noutras investigações (Klopfer, 1983; Tiberghien, 1985). A

investigação não tinha em conta aspectos específicos do ensino e da aprendizagem da ciência, como a aprendizagem de conceitos, as práticas laboratoriais, a resolução de problemas, a avaliação, etc. (Cachapuz et al., 2001), sendo a aprendizagem vista como um processo geral para qualquer indivíduo que aprende, em qualquer contexto, conhecimentos de qualquer área do conhecimento (científico ou não) (Shulman, 1987). Este último investigador salienta que os estudos conduzidos até àquela data, sobre as capacidades necessárias para a prática de um bom ensino, se apoiavam na tradição da investigação psicológica, a qual assume que as formas complexas da aprendizagem individual podem ser compreendidas em termos de processos genéricos subjacentes, de acordo com as teorias de Piaget sobre o desenvolvimento do conhecimento. Por outro lado, essa investigação, que se baseava na procura dos princípios gerais do ensino eficaz (eficácia avaliada em termos dos resultados dos estudantes), ignorava aspectos essenciais do ensino, tais como, "… os conteúdos a serem ensinados, o contexto da sala de aula, as características físicas e psicológicas dos estudantes ou a consecução de propósitos não avaliáveis facilmente por testes normalizados" (Shulman, 1987, p. 6).

No entender de Cachapuz et al. (2001), tais características da didáctica das ciências justificam que as aplicações das teorias da psicologia da educação não fossem suficientes para responder cabalmente a todos os problemas do ensino e da aprendizagem da ciência. Alguns destes problemas manifestaram-se, por exemplo, por volta dos anos 90, num marcado fracasso escolar, num desinteresse dos estudantes pelo estudo de disciplinas científicas, ou na relativa ineficácia da aplicação de reformas curriculares (Cachapuz et al., 2001). Isto, apesar da importância dada pelos governos de alguns países à educação científica nesse período, ao orientar currículos de ciência de acordo com resultados da investigação didáctica e/ou ao reestruturar cursos de formação de professores com a preocupação de desenvolver nestes práticas investigativas ao serviço do ensino e da aprendizagem da ciência (Cachapuz et al., 2001). Mellado e Carracedo (1993) consideram que o insucesso de muitos cursos e programas sobre o ensino da ciência teve a sua origem na natureza das concepções filosóficas sobre a ciência (características, processos de produção, …) a eles subjacentes, as quais já tinham mostrado ser ineficazes no ensino da ciência.

Ainda na década de 80 mas, principalmente, na década de 90, elaborou-se um grande número de estudos de investigação e inovação convergentes no que respeita à orientação do ensino e da aprendizagem da ciência (por exemplo, sobre a questão

processo versus produto) e que revelaram um desenvolvimento assinalável (Gil-Pérez et al., 2002). Segundo Cachapuz et al. (2001), estes estudos já estavam dirigidos especificamente aos problemas do ensino e da aprendizagem da ciência e tratados de forma global, isto é, integrando e articulando conteúdos científicos e pedagógico-didácticos, de acordo com as visões de McDermott e Viennot. Efectivamente, McDermott (1990) defende a formação dos professores ao nível dos conteúdos e processos científicos a ensinar, da elaboração e/ou selecção de materiais de ensino, da clareza da comunicação e da linguagem a utilizar, e ainda a sua preparação para o recurso aos resultados da investigação em didáctica como via para melhorar as abordagens de ensino indo ao encontro das necessidades e dificuldades específicas, conceptuais e de raciocínio, dos seus estudantes. Também Viennot (1997) considera que a didáctica e os conteúdos científicos estão ligados de maneira intrínseca, uma vez que a didáctica estuda os processos de ensino e de aprendizagem vistos de forma articulada e com relação aos conteúdos disciplinares.

Para além dos aspectos da evolução da didáctica das ciências acabados de referir (ou seja, as perspectivas de orientação dadas aos seus estudos), estava também a constatar-se o desenvolvimento de estudos em linhas de investigação próprias e cada vez mais inter-relacionadas, o que reforça a constituição de um corpo de conhecimentos mais integrado e mais fundamentado, conduzindo pois a uma maior consolidação conceptual e metodológica da didáctica das ciências (Cachapuz et al., 2001). Cachapuz et al. (2001) fizeram um levantamento dessas linhas de investigação que estiveram associadas à emergência da didáctica das ciências como nova disciplina científica. Estes cientistas verificaram que aqueles estudos trataram essencialmente da epistemologia e concepções epistemológicas dos docentes, da história da ciência, das concepções alternativas, da resolução de problemas, do trabalho experimental e de campo, dos estudos de currículo, dos materiais didácticos, das inter-relações ciência-tecnologia-sociedade (CTS), das questões axiológicas, da metacognição, da linguagem e comunicação, da avaliação e da formação de professores. Ainda segundo aqueles autores, outros aspectos associados com a emergência de um novo domínio científico e investigativo estavam ainda a verificar-se, como a constituição de uma comunidade científica geradora de consensos em torno das investigações desenvolvidas, a publicação de revistas especializadas, a transposição dos saberes teóricos para a sala de aula e para a formação de professores.

No estudo desenvolvido por Matthews (1994), destaca-se a importância da inclusão da história, da filosofia e da sociologia da ciência no ensino da ciência, e discutem-se os seus contributos para a compreensão da natureza da ciência e dos seus processos de construção e as consequências desta compreensão na melhoria do ensino. Também McDermott (1990), Hodson (1992), Mellado e Carracedo (1993), Gil-Pérez (1993), Izquierdo (1996), Viennot (1997), McComas, Clough, & Almazroa (1998), Praia, Cachapuz, & Gil-Pérez (2002), Lopes (2004), entre outros, defendem que as visões epistemológicas sobre a ciência se reflectem nas práticas do ensino da ciência.

Para Martins (2006), o sinal de que a didáctica das ciências se tornou um campo do conhecimento novo é a existência de trabalhos investigativos que relacionam, cada vez mais, características do conhecimento científico e do seu desenvolvimento com a aprendizagem de ciência, ou seja, é a existência de uma fundamentação epistemológica nos seus estudos. Badillo (2004) refere que, para que esta disciplina adquira o estatuto de cientificidade, é indispensável "… a existência de teorias, paradigmas, programas de investigação ou modelos científicos próprios desta nova didáctica" (p. 302). Neste contexto, também Cachapuz et al. (2001) defendem a necessidade do desenvolvimento de um enquadramento teórico próprio que torne possível a integração dos conhecimentos de outras áreas do saber, importante para uma consolidação teórica da didáctica.

Um trabalho recente dá conta que as linhas de investigação que dominam no período pós-constituição da nova disciplina são a filosofia da ciência, a aprendizagem de conceitos, a linguagem, o multiculturalismo e género e os estudos de currículo e pedagógicos (Cachapuz, Paixão, Lopes, & Guerra, 2008). Destas linhas, no entanto, a aprendizagem de conceitos sofreu uma redução drástica na incidência de estudos, o multiculturalismo e género sofreu uma redução ligeira, enquanto os estudos de currículo e pedagógicos sofreram um aumento relevante. Das linhas de investigação menos incidentes, os investigadores Cachapuz et al. (2008) destacam a linha CTS (ciência-tecnologia-sociedade), que sofreu um aumento muito acentuado no período considerado no estudo (1993-2002). Ou seja, a investigação didáctica está a evoluir para estudos onde se acentua a fundamentação epistemológica, dando-se um menor relevo à fundamentação psicológica.

A evolução da didáctica das ciências tal como foi descrita acima (ainda que sumariamente) vem ao encontro de um consenso relativamente aos seus fundamentos

epistemológicos (e. g. Gil-Pérez, 1993; Novack, 1988). No entanto, este consenso não está isento de críticas (e. g. Matthews, 1993; Suchting, 1992), o que tem levado alguns autores a esclarecerem pontos de vista ou argumentos ambíguos por parte dos críticos, como Gil-Pérez et al. (2002) (voltaremos a este assunto mais à frente). Independentemente das polémicas em torno da consolidação da didáctica das ciências como um novo domínio científico, é um facto que há um esforço colectivo em desenvolvimento no sentido de melhorar a qualidade do ensino e da aprendizagem da ciência, investigando-se as ligações do ensino, da aprendizagem e do currículo da ciência com a história, a filosofia e a sociologia da ciência (Bergmann, 2009).

É devido ao desenvolvimento recente da didáctica das ciências que se torna necessária a clarificação de questões epistemológicas próprias de domínios científicos em emergência (*Quais as origens e natureza do conhecimento que produz? Quais são os processos de produção de conhecimento? Quais as relações com outros campos do conhecimento já estabelecidos? …*), cujas respostas ajudam à evolução desta nova área científica (para que se compreendam as opções da didáctica das ciências relativamente aos problemas a resolver, aos pressupostos teóricos e às metodologias investigativas) (Cachapuz et al., 2001; Gil-Pérez, 1993). Portanto, conhecer os problemas, os objectos de estudo e os métodos de investigação da didáctica das ciências implica conhecer os seus fundamentos a nível epistemológico, psicológico, didáctico, … Os aspectos apresentados e discutidos anteriormente justificam a necessidade de se esclarecerem os fundamentos epistemológicos e psicológicos subjacentes ao nosso quadro teórico de referência, bem como a pertinência da integração de resultados de várias linhas de investigação didáctica. Portanto, é nesta perspectiva que começamos por apresentar e discutir mais detalhadamente alguns aspectos epistemológicos (secção 2.1.1.) e psicológicos (secção 2.1.2.) que fundamentam as opções didácticas (secção 2.1.3.) que foram tomadas no trabalho que desenvolvemos.

2.1.1. Fundamentação epistemológica

A filosofia da ciência, e mais especificamente a epistemologia, ocupa-se sobre como se faz, para que se faz e porque se faz ciência (Cachapuz, Praia, & Jorge, 2002). Segundo Lopes (2004), a epistemologia é o ramo da filosofia que se preocupa em saber qual é a natureza do conhecimento científico e da sua produção e validação. Praia et al. (2002) detalharam esta noção:

> A epistemologia ao pretender saber das características do que é ou não é específico da cientificidade e tendo como objecto de estudo a reflexão sobre a produção da ciência, sobre os seus fundamentos e métodos, sobre o seu crescimento, sobre a história dos seus contextos de "descoberta" não constitui uma construção racional isolada. Ela faz parte de uma teia de relações … que importa trazer ao de cima numa educação científica que ao reflectir sobre as suas finalidades, sobre os seus fundamentos e raízes, sobre as incidências que produz no ensino praticado e nas aprendizagens realizadas pelos alunos se esclarece na própria orientação epistemológica que segue (p. 128).

Portanto, a reflexão epistemológica pelos professores de ciência é essencial ao ensino e à aprendizagem desta disciplina, uma vez que os ajuda no esclarecimento da sua própria concepção de ciência, o que se reflecte na preparação, orientação e coesão do ensino que praticam (Praia et al., 2002). Este ponto de vista é partilhado por Mellado e Carracedo (1993), que consideraram "… a filosofia da ciência como um elemento essencial para a análise e fundamentação das disciplinas científicas" e que "… pode ajudar os professores a explicitar os seus pontos de vista sobre a construção do conhecimento científico" (p. 332). Esta visão é aplicada, em particular, na reestruturação do currículo (que estes investigadores argumentam dever ser efectuada pelos professores, em equipa) como via de sustentação e fundamentação do currículo. Também Matthews (1994) defende o uso da história e da filosofia da ciência nos currículos de ciência e nos cursos de formação de professores ao escrever que a história, a filosofia e a sociologia da ciência dão algumas respostas à crise do ensino da ciência, pois:

> … podem humanizar as ciências e aproximá-las mais dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos; podem tornar as aulas mais estimulantes e reflexivas, aumentando assim as capacidades do pensamento crítico; podem contribuir para uma maior compreensão dos conteúdos científicos; podem contribuir um pouco a superar o «mar sem senso» em que um comentador disse que haviam mergulhado as aulas de ciências, onde se recitavam fórmulas e equações, mas onde poucos conheciam o seu significado; podem melhorar a formação dos professores contribuindo para o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica … (p. 256).

Já afirmámos anteriormente que outros autores têm feito também a defesa deste ponto de vista, por exemplo, Gil-Pérez (1993), Hodson (1992), Izquierdo (1996), Lopes (2004), McComas et al. (1998), que relevaram a importância da articulação da didáctica das ciências, não só com a epistemologia, mas também com a história da ciência e com a prática efectiva do ensino da ciência. É de notar que existem duas perspectivas principais a favor do uso da história e da filosofia da ciência no ensino dos professores de ciência (Erduran, Adúriz-Bravo, & Naaman, 2007). Uma delas, centrada no valor que a natureza da ciência tem na educação dos cidadãos, defende que os professores devem ter formação em história e filosofia da ciência, se se pretende que os temas sócio-científicos façam sentido para a população em geral e que esta participe no processo de tomada de decisões. Esta perspectiva, que recorre aos argumentos de Driver, Leach, Millar e Scott, é designada de "curricular", e implica que os professores de ciência ensinem aos seus estudantes a história e a filosofia da ciência (Erduran et al., 2007). Na outra perspectiva, designada de "meta-teórica", na terminologia da Adúriz-Bravo, defende-se que a formação em história e filosofia da ciência serve principalmente para promover o desenvolvimento profissional dos professores, o que implica que estes tenham de reflectir sobre os "… conteúdos e métodos da ciência …", como meio para a facilitação da transposição para a sala de aulas da "… ciência dos cientistas …" (Erduran et al., 2007, p. 977). Estes investigadores destacaram a filosofia da química, em particular, a natureza do conhecimento químico, e as suas implicações no ensino dos professores de química.

• Correntes epistemológicas: uma visão breve

Apresentamos, de seguida, uma breve discussão acerca de aspectos fundamentais das correntes epistemológicas que marcaram as perspectivas de ensino e de aprendizagem do século passado e da actualidade.

Lopes (2004), suportando-se nas reflexões de Besnier, um epistemólogo contemporâneo, enumerou os problemas fundamentais que a epistemologia tem tratado ao longo dos tempos, como sejam, os problemas da *possibilidade do conhecimento* (é o conhecimento completamente atingível?), dos *limites do conhecimento* (o que é cognoscível e o que não é?), da *origem do conhecimento* (qual a origem do conhecimento autêntico?), *metodológico* (quais os processos de produção do conhecimento?), da *estrutura da situação de conhecimento* (qual a origem e natureza das estruturas que o indivíduo deve mobilizar para descrever o objecto a ser conhecido, e como é a parte que cabe ao sujeito e ao objecto na constituição de um saber?) e da *verdade do conhecimento* (qual o critério de verdade do conhecimento?). A estes problemas têm sido dadas diferentes respostas que se enquadram em várias correntes de pensamento (Besnier, 2000). Os filósofos defensores destas correntes têm sido protagonistas de confrontações ideológicas, tendo oposto correntes de natureza empirista (empirismo, positivismo, realismo, positivismo lógico ou empirismo lógico) a correntes de natureza racionalista (racionalismo) (Besnier, 2000). Outras concepções epistemológicas, como o estruturalismo, o idealismo ou o construtivismo, têm surgido pela necessidade de ultrapassar problemas inerentes ao empirismo e ao racionalismo (Besnier, 2000). Mais à frente vamos analisar o construtivismo com maior detalhe.

As perspectivas mais antigas e que dominaram durante vários séculos até meados do século XX são as de teor empirista, preconizadas por filósofos como Bacon, Locke, Compte, Berkeley e Hume. Segundo estas perspectivas, o conhecimento científico autêntico tem origem nos dados recolhidos a partir da experiência sensível, através de processos de natureza essencialmente indutiva (Matthews, 1993; Mellado e Carracedo, 1993; Lopes, 2004). O indivíduo que quer conhecer, *sujeito epistémico,* mobiliza estruturas para conhecer um dado objecto, *objecto epistémico.* Estas estruturas, *estruturas de relação* (isto é, o conhecimento em construção), mobilizadas pelo sujeito e submetidas eventualmente a uma interpretação teórica, são no entanto, obtidas por indução a partir do objecto (Lopes, 2004). Diz-se, por isso, que as

estruturas de relação pertencem ao objecto no acto de conhecer (Besnier, 2000), ou que aqueles paradigmas (empiristas) estão do lado do objecto, ou dão preponderância ao objecto, na estrutura da situação de conhecimento (Lopes, 2004).

Em oposição, outros paradigmas, defendidos por filósofos como Platão, Descartes, Kant, Espinosa e Leibniz, atribuem a origem do conhecimento à razão – paradigmas racionalistas. Ou seja, é a razão e os conceitos criados pela mente do sujeito epistémico que permitem que se conheça o objecto, através de processos de natureza dedutiva e demonstrativa (Mellado e Carracedo, 1993; Lopes, 2004). Diz-se, por isso, que as estruturas mobilizadas pelo sujeito no acto de conhecer lhe pertencem (Besnier, 2000), ou que os paradigmas racionalistas estão do lado do sujeito, ou dão preponderância ao sujeito, no acto de conhecer (Lopes, 2004).

Portanto, e de uma forma breve, podemos dizer que o empirismo e o racionalismo são perspectivas epistemológicas que se colocam em posições antagónicas e absolutas no que se refere à natureza do conhecimento: o empirismo defende que, na origem do conhecimento científico, está a experiência, enquanto o racionalismo defende que na sua origem está a razão. Qualquer um destes quadros epistemológicos defende a existência de uma interacção entre o sujeito e o objecto epistémicos para que haja construção de conhecimento. No entanto, a esta interacção não é atribuído nenhum papel fundamental, sendo que o empirismo considera o objecto como a fonte da construção do conhecimento, em oposição ao racionalismo, que atribui ao sujeito essa função (Lopes, 2004).

O pensamento epistemológico contemporâneo tem questionado as perspectivas epistemológicas que destacam apenas o sujeito ou o objecto (Besnier, 2000). Daí que tenham surgido recentemente outros paradigmas que reconhecem e valorizam o papel da interacção entre o sujeito e o objecto, isto é, o da relação que se estabelece entre ambos no acto de conhecer (estrutura de relação), relação esta essencial ao processo de construção do conhecimento (Lopes, 2004). No entanto, já Kant tinha preconizado a síntese das duas correntes filosóficas anteriores, ao defender que, nas palavras de Mellado e Carracedo (1993):

> … se bem que todo o conhecimento científico tem origem na experiência sensível, tem no entanto, que ser enquadrado numas estruturas mentais *transcendentais* e *a priori* para que possa ser realmente conhecido e adquira o requisito de

necessidade e universalidade que todo o conhecimento científico deve possuir (p. 332).

Lopes (2004) sugere uma representação esquemática que ilustra bem as diferenças e as características em comum entre as correntes epistemológicas mais relevantes, que salienta a importância da estrutura de relação no acto de conhecer, consoante a ênfase que atribuem aos componentes da estrutura da situação de conhecimento, de acordo com as considerações de Besnier (2000) (figura 2.1):

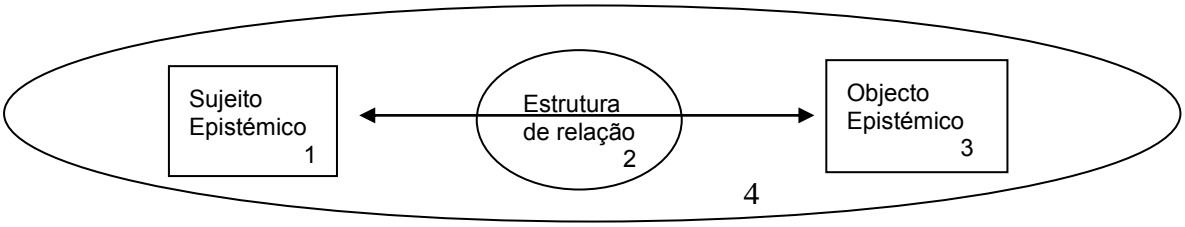


Figura 2.1 – Estrutura da situação de conhecimento (os números assinalam a ênfase das diferentes correntes epistemológicas: 1-racionalismo; 2-estruturalismo; 3-empirismo; 4-construtivismo). (retirada de Lopes (2004))

Lopes (2004) refere que as reflexões epistemológicas mais recentes defendem uma perspectiva onde se destacam os papéis do sujeito e do objecto epistémicos bem como o da estrutura de relação, ou seja, uma perspectiva construtivista. Nas palavras do epistemólogo Besnier (2000):

> Para que uma teoria do conhecimento possa ser considerada, é necessário pelo menos que se distingam claramente o sujeito que conhece e o objecto a conhecer. Deste ponto de vista, é necessária uma experiência cognitiva mínima, no termo da qual o sujeito terá experimentado a resistência do objecto e ter-se-á encontrado de certa forma elucidado, quanto às suas disposições para compreender a realidade. … A consciência que se experimenta primeiro na «certeza sensível» … ao descobrir a extrema precariedade do seu saber … decide-se pela necessidade de uma reflexão teórica sobre o seu poder de conhecer (p. 13).

Portanto, "… o conhecimento é a relacionação entre um sujeito e um objecto, por intermédio de uma estrutura operatória" (Besnier, 2000, p. 25). Segundo Mellado e Carracedo (1993), esta perspectiva epistemológica preconiza que "… o conhecimento é uma construção da inteligência humana, que vai criando estruturas novas a partir dos conhecimentos que possui" (p. 332). Há outros epistemólogos defensores desta perspectiva, como Popper, Kuhn, Laudan, Lakatos, Toulmin, Chalmers, Giere e, mais recentemente, Fourrez e Le Moigne (para além do também recente Besnier). Estes filósofos têm visões próprias sobre aspectos particulares da construção do conhecimento científico, o que leva à existência de diferentes variantes do construtivismo. Independentemente destas variantes, o construtivismo tem-se tornado o paradigma com maior influência na didáctica das ciências nas últimas décadas (Gruender & Tobin, 1991; Matthews, 1993), em particular no que respeita às investigações em torno de questões epistemológicas, da aprendizagem da ciência pelas crianças, das concepções alternativas, de estratégias de ensino e do desenvolvimento curricular (Matthews, 1993).

• Alguns aspectos do construtivismo: influências, variantes, traços comuns, aspectos fortes e fragilidades

Segundo Novack (1988):

> O construtivismo apresenta-se como oposto ao positivismo, positivismo lógico ou empirismo, que sustenta que o conhecimento «verdadeiro» é universal e permanece numa espécie de correspondência biunívoca com o modo em que o mundo realmente funciona. A meta do saber é descobrir *este* verdadeiro conhecimento (p. 213).

O construtivismo refere-se:

> … de alguma maneira, à ideia de que tanto os indivíduos como os grupos de indivíduos constroem ideias sobre como funciona o mundo. Admite-se também que os indivíduos variam amplamente no modo em que extraem significado do

mundo e que tanto as concepções individuais como as colectivas sobre o mundo mudam com o tempo (Novack, 1988, p. 213).

Apesar desta visão genérica do construtivismo, o certo é que este paradigma apresenta múltiplas *nuances*, geradas pelas influências de natureza diversa a que o conhecimento científico, enquanto objecto de estudo, foi sendo submetido (Matthews, 2000a, 1993). Matthews (2000a) sugere três tradições construtivistas principais: o construtivismo filosófico, o construtivismo educacional e o construtivismo sociológico.

O construtivismo filosófico é uma perspectiva da construção do conhecimento que tem sofrido influências ditadas pelos pensamentos epistemológicos contemporâneos (Matthews, 2000a). A concepção do conhecimento que dominou a história do pensamento epistemológico remonta à Grécia antiga e teve o seu representante mais importante em Aristóteles (Matthews, 1993). A concepção aristotélica do conhecimento defendia que o mundo é independente das pessoas, existindo povoado por substâncias individuais que formam espécies diferentes em virtude das suas essências. Conhecer alguma coisa é, então, conhecer a sua essência (Matthews, 1993). Segundo esta concepção, o sujeito epistémico é passivo no acto de conhecer, na medida em que é o objecto que imprime conhecimento empírico ao sujeito através de uma percepção sensorial, sem a interferência do sujeito. O conhecimento é obtido pelo sujeito que usa a sua razão para intuir a essência do objecto através de processos de indução (Matthews, 1993). Portanto, para Aristóteles a ênfase está no olhar ou observação do sujeito, cuidadosa e exacta mas passiva, e não na experimentação (no sentido de interferência) (Matthews, 1993).

Segundo Matthews (1993), os epistemólogos Locke, Berkeley e Hume usavam um discurso antiaristotélico mas, para aquele investigador, não há diferenças fundamentais entre a concepção aristotélica do conhecimento e as visões empiristas. A diferença principal entre estas concepções é que, enquanto para Aristóteles os objectos da percepção são corpos materiais, para aqueles empiristas os objectos da percepção são impressões sensoriais geradas por corpos materiais (Matthews, 1993). Foram os fortes ataques às teorias empiristas da ciência, protagonizadas por filósofos como Kuhn, Popper, Bachelard, Toulmin, que marcaram o início de uma ruptura epistemológica que se opôs, entre outras, à possibilidade de um conhecimento único e livre de influências externas ao objecto, e à possibilidade de um conhecimento obtido directamente da experiência sensorial, sem considerações teóricas (Matthews, 1993).

Para este investigador, é o trabalho de Kuhn que demarca as origens do construtivismo na perspectiva filosófica (Matthews, 1993, 2000a).

Mellado e Carracedo (1993) analisaram e compararam as visões de vários filósofos sobre a natureza do trabalho científico entendidas numa perspectiva construtivista. Segundo aqueles investigadores, Popper defende que o conhecimento científico é construído pelo sujeito através das experiências sensoriais que vai tendo com o objecto a conhecer. Mas esse conhecimento é construído pela mente racional do sujeito e esse conhecimento das coisas não é um espelho da essência dos objectos. Esse conhecimento ou teoria explicativa é considerado válido até que surja uma experiência que o contradiga. Neste caso, essa teoria é refutada por falsificação devido àquela experiência, dita crucial, sendo abandonada e substituída temporariamente por outra mais satisfatória (Mellado e Carracedo, 1993). Para Lakatos, Kuhn e Toulmin, na análise de Mellado e Carracedo (1993), não existem as experiências cruciais que refutam e fazem abandonar teorias, uma vez que, segundo Lakatos, qualquer teoria ou "… programa de investigação científica tem núcleos centrais resistentes à mudança" (p. 333). A refutação por falsificação apenas faria abandonar hipóteses auxiliares, o que não alterava o essencial. O abandono de uma teoria, ou programa científico, só ocorre pelo confronto entre programas científicos, havendo que fazer o balanço entre as vantagens e as desvantagens de cada um (Mellado e Carracedo, 1993). Mellado e Carracedo (1993) esclareceram também que "em períodos de «ciência normal» … domina um determinado paradigma" (p. 333), entendido por Kunh como o "conjunto de crenças, valores e técnicas partilhados por uma comunidade científica" (como citado em Mellado e Carracedo, 1993, p. 333). No entanto, é em momentos de crise que se dá a mudança de paradigma, "mais por reconstrução do campo – o que implica novos fundamentos, métodos e aplicações – que por acumulação ou ampliação do antigo paradigma" (Mellado e Carracedo, 1993, p. 333). O progresso científico dá-se pela mudança para paradigmas que são "… mais precisos e consistentes e têm mais capacidade de resolver os problemas" (Mellado e Carracedo, 1993, p. 333). Quanto a Toulmin, os investigadores Mellado e Carracedo (1993) clarificaram que, na concepção daquele epistemólogo:

> As ideias científicas constituem povoamentos conceptuais no desenvolvimento histórico e as teorias científicas mudariam por evolução selectiva dos povoamentos conceptuais. Partindo dos problemas não resolvidos, produzir-se-iam umas

> exigências intelectuais ou umas práticas específicas, que levariam a uma pressão selectiva sobre os povoamentos conceptuais e, finalmente, a um desenvolvimento por inovação e selecção (p. 333).

O construtivismo sofreu ainda outro tipo de influências que justificam outras vertentes deste paradigma (Matthews, 1993). Assim, o construtivismo educacional teve a sua origem nas concepções cognitivistas da aprendizagem, em particular a teoria de Piaget, que surgiram em oposição à teoria behaviorista da aprendizagem (Matthews, 1993, 2000a). A teoria behaviorista foi a concepção dominante da aprendizagem durante grande parte do século XX. Esta teoria assume que, quando um indivíduo recebe um *estímulo* proveniente do meio, o seu organismo produz uma *resposta* e, por repetição, forma-se uma ligação *estímulo-resposta*, de tal modo que, sempre que existe um determinado *estímulo* surge uma determinada resposta (Novack, 1988). Para Novack (1988), "a natureza prescritiva rígida" da psicologia behaviorista era consistente com as concepções empiristas da natureza do conhecimento. Ou seja, o conhecimento construído por sujeitos epistémicos diferentes que estudassem o mesmo objecto seria, portanto, o mesmo (Lopes, 2004). Portanto, estabeleceu-se uma forte ligação entre a psicologia behaviorista e a epistemologia empirista que permitiu que as ideias behavioristas dominassem na psicologia e no ensino até aos anos 70 do século passado (Novack, 1988). O facto destas ideias terem fracassado na compreensão de como aprendem os indivíduos, e os estudantes em particular, desencadeou, por um lado, o desenvolvimento de outras concepções do conhecimento científico que se opuseram às ideias empiristas (Novack, 1988), como já referido anteriormente. Por outro lado, também emergiram visões da aprendizagem opostas à aprendizagem behaviorista, de índole cognitivista (Novack, 1988). É o caso da teoria da aprendizagem de Piaget que veio defender que a aprendizagem é cognitiva, isto é, valoriza a estrutura e os processos ocorridos na mente, sendo a sua teoria da mente fundamentalmente kantiana, ou seja, os fenómenos a conhecer contêm uma parte cognoscível separada de outra incognoscível (Matthews, 1993). Estes aspectos da teoria de Piaget foram importantes para construtivistas como von Glasersfeld, ao defender que o nosso conhecimento sobre os fenómenos é resultado da criação da nossa mente, ou seja, o mundo é criado pelo pensamento humano (idealismo), posição que lhe conferiu o atributo de construtivista pessoal ou radical (Matthews, 1993, 2000a). A psicologia de Vygotsky, com a sua teoria da aquisição da linguagem,

também contribuiu para outra visão do construtivismo educacional, a dos construtivistas sociais, sendo a divisão entre estes e os construtivistas pessoais a mais largamente reconhecida no seio do construtivismo educacional (Matthews, 1993, 2000a). Voltaremos aos aspectos relacionados com as concepções da aprendizagem na secção 2.1.2., pelo que não nos vamos alongar mais sobre este assunto.

Também a Escola de Edinburgh trouxe ao construtivismo uma nova perspectiva da ciência – o construtivismo sociológico – ao explicar a construção e o desenvolvimento das teorias científicas em termos da sociologia do conhecimento científico, isto é, das circunstâncias sociais da ciência (Matthews, 1993, 2000a). Ou seja, o desenvolvimento da ciência, as mudanças nas suas teorias e nos pressupostos filosóficos são interpretados em termos de alterações nas condições sociais e interesses – não se valorizando o poder interpretativo do conteúdo cognitivo nem da argumentação racional, nem os processos psicológicos – e não nos termos filosóficos tradicionais da verdade e da racionalidade (Matthews, 1993, 2000a). O epistemólogo Foucault sugeriu mesmo que "… o desenvolvimento do conhecimento científico tem mais a ver com a mudança de modelos de poder na sociedade do que com a testagem e validação de teorias" (Matthews, 1993, p. 361).

Portanto, as múltiplas influências do construtivismo, de natureza diferente e muitas vezes cruzadas entre si, não tornam fácil a tarefa de expor o pensamento construtivista. No entanto, há tentativas no sentido de apresentar as ideias que são comuns às diferentes variantes[1] do construtivismo.

Por exemplo, Wheatley (1991) destaca dois princípios em que assenta a teoria construtivista. O primeiro diz que:

> … o conhecimento não é recebido passivamente, mas é activamente construído pelo sujeito que conhece. Ideias e pensamentos não podem ser comunicados no sentido em que o significado é empacotado sob a forma de palavras e "enviado" para outro que desempacota o significado sob a forma de proposições. Isto é, por muito que o desejássemos, não conseguimos pôr ideias na cabeça dos estudantes, eles têm de construir os seus próprios significados (Wheatley, 1991, p. 10).

[1] Para mais detalhes sobre as designações e características das diversas vertentes do construtivismo, em particular do construtivismo educacional, ver Matthews (1993, 2000a) e referências aí mencionadas.

Portanto, vários indivíduos podem construir significados diferentes. A epistemologia construtivista é centrada no indivíduo (Matthews, 1993). Este princípio é alvo de consenso fácil pela maioria dos investigadores, mas o segundo princípio, atribuído às ideias de von Glasersfeld, pelo contrário, tem sido objecto de muitas controvérsias: "… a função da cognição é adaptável e trata da organização do mundo experiencial, não da descoberta da realidade ontológica do mundo" (Wheatley, 1991, p. 10). Ou seja, para este autor, a verdade não é encontrada mas são construídas explicações plausíveis para as experiências vivenciadas e é através das experiências que se conhece o mundo. Portanto, não se consegue conhecer o mundo em si mesmo, mas apenas as nossas experiências e o modo como elas estão organizadas (Matthews, 1993).

Também Gil-Pérez (1993) refere Resnick, que apresenta em três ideias as características essenciais da visão da aprendizagem segundo o construtivismo:

– Os que aprendem constroem significados. Não reproduzem simplesmente o que lêem ou o que se lhes ensina.

– Compreender algo supõe estabelecer relações (…) Os fragmentos soltos de informação são esquecidos ou ficam inacessíveis à memória.

– Toda a aprendizagem depende de conhecimentos prévios. (p. 200)

Para Gil-Pérez (1993), a força destas ideias reside na sua coerência com os princípios fundamentais da construção dos conhecimentos científicos, desenvolvidos por variados epistemólogos contemporâneos (Kuhn, Bachelard, Lakatos, Toulmin….) e na sua capacidade integradora de estudos de naturezas variadas, desde estudos epistemológicos até aos contributos de psicólogos como Piaget, Kelly ou Vygotsky.

Para Matthews (1993), o construtivismo é "… louvável, perspicaz e progressivo …" (p. 359) no que se refere a vários aspectos da sua teoria e prática. Por exemplo, ao defender o envolvimento dos estudantes na sua aprendizagem e a compreensão dos esquemas conceptuais dos estudantes para um bom ensino, ao enfatizar o diálogo e a argumentação na sala de aula, ao relevar as opiniões de estudantes e professores relativamente a cenários sociais e o facto de a compreensão ser o objectivo da educação em ciência (aspecto este que Matthews considera tornar o construtivismo muito superior à teoria behaviorista da mente e da aprendizagem) (Matthews, 1993).

Portanto, parece existir um consenso em torno das ideias fortes do construtivismo (e. g. Gil-Pérez, 1993; Gil-Pérez et al., 2002; Gruender e Tobin, 1991; Novack, 1988; Wheatley, 1991). Mas, como o próprio Wheatley (1991) reconhece, há aspectos, apontados como fundamentais do construtivismo, que são alvo de muitas críticas (e. g. Matthews, 1993; Osborne, 1996; Suchting, 1992). Apresentemos algumas dessas críticas e vários contra-argumentos.

Suchting (1992) começa por referir que o seu artigo analisa o construtivismo tal como é apresentado por von Glasersfeld, o "… seu criador e principal representante …" (p. 223). Aquele investigador faz, então, um trabalho minucioso com o trabalho de von Glasersfeld que refere, pois analisa frase a frase, oração a oração, palavra a palavra, …, procurando clarificar cada conceito, cada posição e cada argumento de apoio da doutrina defendida por aquele epistemólogo (podemos dizer que o título do seu artigo – "Constructivism Deconstructed" – foi deveras bem escolhido). Segundo Suchting (1992), as ideias de von Glasersfeld são apresentadas de forma extremamente confusa, obscura, pois "… parece haver poucas esperanças de ver alguma coisa muito claramente através desta lente, tão escura que é" (p. 233) concluindo que "… grande parte da doutrina chamada "construtivismo", tal como ela está apresentada neste artigo … é simplesmente ininteligível" (p. 247). Apesar de, no nosso entender, a análise de Suchting (1992) ser muito pertinente relativamente ao trabalho de von Glasersfeld que refere, a análise que faz ao construtivismo parece-nos limitada por várias razões: (i) atribui o construtivismo à visão de um só autor, esquecendo os contributos de outros; (ii) escolhe uma só obra desse autor, por ser a mais recente, como representativa dos seus últimos pensamentos sobre a sua teoria; e (iii) o autor que escolhe não é representativo das perspectivas da maioria de outros construtivistas. Também Gil-Pérez et al. (2002) desmontam os argumentos de Suchting (1992) nas suas críticas ao construtivismo, que consideram desconhecer a maioria das investigações na didáctica de ciência, pois Suchting toma o todo pela parte, isto é, toma as posições de von Glaserfeld como representativas do discurso construtivista. A posição de Suchting é um exemplo de outras semelhantes, como as de Hardy e Taylor ou a de Nola, tal como referem Gil-Pérez et al. (2002).

Também Matthews (1993) identifica o construtivista radical von Glasersfeld como um líder do construtivismo, que por sua vez considera Vico (cujas ideias também foram criticadas por Suchting (1992)) e Berkeley os fundadores do construtivismo. Note-se que, segundo o ponto de vista de Matthews (1993), para von Glasersfeld o

mundo é criado pelo pensamento humano e dele dependente; o mundo não tem estruturas, tal como por exemplo, a estrutura atómica, a estrutura geomorfológica, a estrutura proteica; estas só existem na mente de quem as detém (construtivismo idealista). Portanto, Matthews (1993) encontra ambiguidades entre *este* construtivismo e as concepções da ciência moderna. Ora, Matthews (1993) reconhece que a perspectiva mais amplamente aceite é a que considera que "… o mundo, embora incognoscível, existe efectivamente separado do nosso pensamento acerca dele …" (p. 362); que considera que os cientistas obtêm resultados errados, tiram ilações inadequadas, pelo que os seus modelos e hipóteses são aproximações; que defende que existe um mundo exterior que eles tentam compreender e que, em última análise atesta a valia do seu esforço intelectual (construtivismo realista). Gil-Pérez et al. (2002) salientam que uma das razões que justifica o questionamento do referido consenso em torno das posições construtivistas prende-se com a múltipla acepção do termo construtivismo, variadas vezes referenciado e/ou descrito por Matthews (1993, 2000a, 2000b), esclarecimento que nem sempre é feito quando se discutem questões acerca deste paradigma. Também Martins (2006) partilha este ponto de vista, afirmando que "… em função disso, [a existência de variadas vertentes teóricas com a designação de construtivismo] surgem muitos questionamentos entre as diversas "formas" de construtivismo, assim como críticas mais gerais endereçadas às "bases" de diversas vertentes construtivistas" (p. 3).

Quanto a Osborne (1996), apesar de reconhecer vários aspectos do construtivismo como "sucessos", como por exemplo, o "importante contributo que trouxe ao nosso conhecimento sobre o indivíduo que aprende e a aprendizagem" (p. 54), salienta que o construtivismo apresenta falhas nos seus fundamentos teóricos, correspondentes a uma visão deturpada da natureza da ciência e à incapacidade de conceber metodologias para avaliar e comparar teorias diferentes. Osborne (1996) refere ainda que o construtivismo confunde/identifica o modo como se constrói conhecimento científico novo e aquele segundo o qual se aprende o conhecimento já elaborado. Martins (2006), no entanto, após analisar as críticas de Osborne, entre outros, sustenta que a perspectiva epistemológica de Bachelard pode dar respostas às críticas apresentadas, contribuindo assim para uma melhor compreensão dos fundamentos construtivistas (Martins nota que aqueles críticos não recorrem às concepções bachelardianas para essa compreensão).

Martins (2006), referindo-se às críticas que as bases teóricas do construtivismo têm sofrido, destaca que "O crescente uso da epistemologia na fundamentação de trabalhos em didáctica das ciências … ao longo das duas últimas décadas …" (p. 3) está coerente com "… um sentimento também crescente de que, do ponto de vista teórico, há a necessidade de um maior aprofundamento das propostas construtivistas" (p. 3). Gil-Pérez et al. (2002), treze investigadores em colaboração, provenientes de sete países do mundo, que vieram em defesa do construtivismo, consideram-no um paradigma capaz de contribuir para o desenvolvimento da didáctica de ciência como um corpo coerente de conhecimentos. Para aqueles investigadores, o consenso construtivista na didáctica de ciência refere-se aos resultados da investigação em aspectos específicos do ensino e da aprendizagem da ciência e não ao construtivismo na sua perspectiva filosófica. Ou seja, o construtivismo é relevante na medida em que a investigação em didáctica aponta para a necessidade de envolver os estudantes na "… (re)construção do conhecimento …" como via para a promoção de aprendizagens "… significativas e duradouras …" e é neste aspecto que se fala em consenso e na construção de um "… corpo coerente de conhecimentos…" (Gil-Pérez et al., 2002, p. 559). Este vasto grupo de investigadores (Gil-Pérez et al., 2002) esclarece que o novo corpo de conhecimentos não ignora os contributos de outros campos do conhecimento, como por exemplo, a psicologia da educação, mas que os integra de forma específica e coerente, sem fazer aplicações directas dessas outras áreas do saber.

• Análise do conhecimento científico segundo as concepções mais recentes do paradigma construtivista

Natureza da ciência e processos geradores do conhecimento científico

As reflexões que têm ocupado os epistemólogos contemporâneos, em particular sobre o problema da estrutura da situação de conhecimento, permitem compreender melhor a forma como o conhecimento científico é construído. Aspectos como os valores subjacentes à ciência e as inter-relações ciência-tecnologia-sociedade

são problemáticas que surgem, actualmente, também integradas na construção do conhecimento científico.

Para Hodson (1992):

> … o conhecimento é *negociado* no seio da comunidade de cientistas através de uma complexa acção combinada entre argumentação teórica, experimentação e opinião pessoal. Os critérios de avaliação incluem os factores social, económico, político, religioso, moral e ético, na medida em que estes influenciam (por vezes inconscientemente) as tomadas de decisões (p. 547).

Lopes (2004) propõe uma visão da construção do conhecimento científico que se apoia nos epistemólogos mais recentes Besnier, Fourrez e Le Moigne. O objecto que é estudado, com vista à produção de conhecimento, pode ser uma parte da realidade, como o universo, a natureza, uma sala de aula, um sistema químico ou físico, ou conhecimentos já produzidos ou um problema a resolver (Lopes, 2004). O conhecimento em construção, seja ele conhecimentos particulares, modelos teóricos ou teorias, refere-se às "… operações que estes [sujeitos epistémicos] utilizam para relacionar os objectos de forma a obterem enunciados de conhecimento" (Lopes, 2004, p. 43). Na produção da ciência, o sujeito epistémico não é habitualmente um só indivíduo. É uma comunidade de cientistas que, interagindo com os seus pares, constrói e valida o conhecimento científico. Por isso, este diz-se "público" (e. g. Lopes, 2004).

Ao construir-se conhecimento sobre um determinado objecto, o sujeito observa o objecto usando uma determinada grelha de leitura para seleccionar o que é relevante para essa observação, sendo esta selecção determinada pelos conhecimentos, teorias e leis da área do conhecimento científico que o analisa (Lopes, 2004). Portanto, este autor defende que "A observação é … uma construção do sujeito …" (p. 45), em oposição ao empirismo, segundo o qual o objecto epistémico determina o conhecimento produzido directamente através da observação e da experimentação. Por outras palavras, "A observação por si só não pode dar origem ao conhecimento científico através de um simples modo indutivo. Nós vemos o mundo através de lentes teóricas construídas a partir do conhecimento prévio" (Cleminson, 1990, p. 437). Segundo Cleminson (1990), "O conhecimento novo em ciência é produzido através de actos criativos da imaginação aliados com métodos da investigação científica" (p. 438).

Ou, como diz Lopes (2004), a construção do conhecimento científico recorre sempre à observação e/ou à experimentação, pelo que o conhecimento científico é "empírico". A experimentação "… supõe que se associe a razão à observação", sendo exigida "… a participação do espírito …" para se fazer a observação científica (Lopes, 2004, p. 45). Portanto, as observações, experimentações e interpretações teóricas são usadas para testar as hipóteses formuladas, com vista à elaboração de explicações para fenómenos nunca compreendidos antes ou cujas teorias explicativas já não são satisfatórias. Estas são, então, abandonadas e é neste sentido que se caracteriza o conhecimento científico de "hipotético" (Lopes, 2004), ou então de "tentativo", que "Tem um estatuto apenas temporário" (Cleminson, 1990, p. 437). A validação dos modelos e teorias em construção é feita através de discussões no seio das comunidades científicas que, para que sejam profícuas, têm de recorrer a noções científicas rigorosamente definidas (Lopes, 2004). O conhecimento construído tem especificidades próprias da disciplina científica em causa, já o dissemos (o objecto de estudo, a perspectiva de abordagem, as técnicas utilizadas, …) e, portanto, não faz sentido a existência de uma concepção única da realidade. Há que ter em conta também as visões do mundo segundo a arte, a ética, a religião, a filosofia, a literatura, a política, entre outras (Lopes, 2004).

O conhecimento científico é ainda determinado pelas características pessoais (crenças, convicções, interesses sociais, valores …), profissionais (interesses académicos, …) e científicas (formação académica e perfil investigativo) de cada indivíduo em interacção (Lopes, 2004). Por esta razão, Lopes classifica o conhecimento científico de "humanístico". Para além desta participação das características, individuais ou colectivas, a construção do conhecimento científico depende da influência da sociedade em geral, que pode mesmo chegar a determinar que programas de investigação são prioritários, que projectos de investigação se financiam, que rumos de investigação se seguem, que resultados da investigação são comunicados pelos *media*, etc. (Lopes, 2004). É destas interacções, entre pares e com a sociedade, que resulta o conhecimento científico verdadeiro, segundo as perspectivas construtivistas mais recentes. As interacções desta natureza inserem-se nas designadas *inter-relações CTS (ciência-tecnologia-sociedade)*, que voltaremos a abordar. A este propósito, podemos citar uma afirmação interessante de Cleminson (1990): "Os cientistas estudam um mundo do qual eles são uma parte, não um mundo do qual eles estão à parte" (p. 438).

Há outras características do conhecimento científico que importa referir. Nas discussões científicas, os conhecimentos em construção vão adquirindo o seu estatuto conceptual (conceitos, modelos teóricos, teorias ou leis), o que permite a sua organização e hierarquização em termos de redes conceptuais. Logo, pode dizer-se que têm uma "arquitectura teórica" (Lopes, 2004). O conhecimento científico diz-se também "histórico", pois é construído e validado num dado contexto histórico, o que pode condicionar as suas características. Daí que seja habitual que, conhecimento anteriormente aceite pela comunidade científica, seja corrigido, desenvolvido ou abandonado à luz de novas evidências empíricas ou até de novas construções teóricas (Lopes, 2004). O conhecimento que é produzido por uma disciplina científica pode ser apropriado e desenvolvido por outras, o que contribui para enriquecer as redes conceptuais da ciência em geral. Segundo este ponto de vista o conhecimento científico diz-se "integrador" (Lopes, 2004).

No que concerne aos processos de produção do conhecimento científico (processos científicos), Lopes (2004) considera ser importante conhecê-los, pois destes dependem as características da ciência. Este autor enumera vários processos científicos, como *observar, descrever, pesquisar bibliografia, escrutinar ideias com pares, formular problemas, formular hipóteses, planificar a experimentação, experimentar, utilizar relações, interpretar resultados, formular modelos teóricos, comunicar*, entre outros. Destes processos, aquele investigador destaca cinco pela relevância que considera terem em contexto de ensino e de aprendizagem (Lopes, 2004):

- Formulação de problemas;
- Formulação de hipóteses;
- Experimentação;
- Interpretação de resultados;
- Comunicação.

Também Praia et al. (2002) explicitam três processos fundamentais na produção do conhecimento científico:

- Formulação de problemas;
- Formulação de teorias;
- Observação.

Numa publicação de cariz mais vasto (Cachapuz et al., 2002), os seus autores explicitam ainda dois outros processos científicos, que também estão referidos no trabalho anterior, embora de forma implícita e integrados na formulação de teorias:

- Formulação de hipóteses;
- Experimentação.

Na perspectiva de Hodson (1992), a produção de conhecimento novo ou o desenvolvimento de conhecimento já existente ocorre através de uma mescla dos processos:

- Experimentação;
- Observação;
- Argumentação crítica.

Para Lopes (2004), na produção do conhecimento científico, a *formulação de problemas* é um processo essencial que "… delimita o alvo do pensamento, encaminhando este na busca de soluções apropriadas" (p. 52). O problema formulado deve ser racionalizado e, se necessário, redefinido, de modo a ser orientador na procura de caminhos para a sua resolução. Também para Praia et al. (2002), a *problematização* é a "… fase essencial do processo investigativo" (p. 130). O problema é o princípio da produção do conhecimento científico, sendo um fio condutor, um organizador, um unificador das ideias. Ao contrário da visão empirista da ciência, em que o problema surge directamente da realidade observada, no construtivismo o problema surge no seio de um enquadramento teórico (Praia et al., 2002). Como diz Hodson (1992), os problemas podem surgir no contexto de "… dados insuficientes, conflitos entre teoria e evidência da observação, disputa entre teorias rivais, falência de uma teoria outrora promissora a gerar conhecimento preditivo, etc." (p. 542). Para Hodson (1992), é a necessidade de resolver problemas que desencadeia a produção de conhecimento ou a modificação do conhecimento já estabelecido.

Na procura da resolução dos problemas, Lopes (2004) defende ser fundamental a *formulação de hipóteses*, um processo científico que exige uma profunda reflexão sobre os conhecimentos já produzidos e sobre as evidências empíricas documentados em muitos outros trabalhos de investigação. Portanto, a formulação de hipóteses recorre também a outros processos científicos, como a *pesquisa bibliográfica*, o *escrutínio de ideias com pares*, a *planificação da experimentação*, etc. Segundo a visão empirista, a *formulação de hipóteses* não tem relevância significativa na construção da ciência, uma vez que a hipótese é entendida

como decorrente de uma observação exaustiva, em que a testagem da hipótese serve apenas de verificação e de prova da veracidade da mesma (Cachapuz et al., 2002). Assim, parece que as hipóteses podem ser provadas. Mas de acordo com as epistemologias contemporâneas, a hipótese resulta de actos de reflexão aliados à imaginação e à conjectura, que procura testar a validade de conceitos propostos para explicar um fenómeno observado, ou prever a ocorrência de factos coerentes com o quadro teórico que lhe subjaz:

> A hipótese tem um papel de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações, servindo de guia à própria investigação. Determina os dados a obter num percurso balizado por um fundo teórico que lhe dá plausibilidade e intervém activamente nas explicações dos resultados obtidos (Cachapuz et al., 2002, p. 78).

As hipóteses são testadas por tentativas de falsificação, podendo ser desaprovadas, mas não podem ser provadas por verificação (Cachapuz et al., 2002).

É após esta fase que surge a necessidade de um "… confronto do pensamento com a realidade", ou seja, a *experimentação* (Lopes, 2004, p. 53). Este processo envolve muitos outros processos científicos, como a *observação*, a *planificação da experimentação*, o *controlo de variáveis*, a *construção de modelos de situações reais* (ou *modelização*), de molde a "… estudar as condições em que um modelo teórico pode ser utilizado num sistema físico, ou … idealizar um sistema físico para que um modelo teórico possa ser validado" (Lopes, 2004, p. 53). No que respeita à *experimentação*, Cachapuz et al. (2002) notam que esta permite obter "… dados com significado …" (p. 80), isto é, relevantes para a construção do conhecimento científico, e que é um processo que recorre frequentemente a idealizações da realidade. Estes investigadores salientam ainda que, no empirismo, a experimentação se resume a uma "… manipulação de variáveis" (p. 80), de que decorre a elaboração do conhecimento, mas que no pensamento epistemológico contemporâneo essa manipulação não é feita ao acaso, pois tem sempre por trás uma hipótese com sentido no âmbito do fenómeno em estudo. A experimentação surge, então, como a testagem da hipótese colocada, em que a "prova" que valida a hipótese pode pertencer ao campo da razão, e não obrigatoriamente ao mundo dos factos empíricos, reais (Cachapuz et al., 2002). No entanto, pode não haver confirmação positiva da hipótese colocada e os resultados da

experimentação podem conduzir à correcção da hipótese ou à sua substituição por outra mais plausível (Cachapuz et al., 2002).

Para Praia et al. (2002), a *formulação de teorias* é um processo que decorre da procura da(s) resposta(s) ao problema colocado e necessita da participação da imaginação criativa, ou seja, do esforço intelectual do(s) indivíduo(s). A construção das teorias passa pela procura de informação relevante sobre o problema a resolver, pela modelização das situações problemáticas e pela interpretação dos fenómenos, através da observação crítica dos mesmos, da formulação de hipóteses, da sua experimentação e do estabelecimento de novas relações entre conceitos (Praia et al., 2002). Após estes processos, muitas vezes demorados e difíceis, há ainda a fase da exposição dos resultados obtidos à crítica pela comunidade científica, o que pode gerar muitas argumentações e contra-argumentações antes da aceitação (ou então rejeição) do conhecimento produzido, pelo que as teorias científicas não são verdades intemporais, mas as melhores explicações encontradas, em dado momento histórico e da evolução do conhecimento, para os fenómenos (Praia et al., 2002). Portanto, para estes investigadores, a *formulação de teorias* é um processo científico essencial na construção da ciência, mas que envolve muitos outros processos, como a *formulação de hipóteses* e a *experimentação,* explicitados por Cachapuz et al. (2002), e outros destacados por Lopes (2004), como a *pesquisa de bibliografia*, a *modelização*, a *observação,* a *utilização de relações entre conceitos,* a *interpretação de resultados*, o *escrutínio de ideias com pares,* a *comunicação dos resultados da investigação*, entre outros.

Destes últimos, Lopes (2004) destaca em particular a *interpretação de resultados* e a *comunicação*. Para este investigador, sem a *interpretação de resultados* não haveria produção de conhecimento novo, uma vez que se trata da interpretação dos resultados obtidos nos testes (experimentação) às hipóteses formuladas. Esta análise do raciocínio pode conduzir à alteração, ao desenvolvimento, ou até à falência, dos modelos teóricos propostos e, portanto, à reformulação das hipóteses colocadas ou ao seu abandono, ou ainda, pode ser necessário reconstruir o quadro conceptual de referência (Lopes, 2004). A *comunicação* do trabalho investigativo é, para os elementos da comunidade científica, o que permite que aquele fique sujeito ao escrutínio de outros cientistas, pelo que a validação do conhecimento produzido poderá depender, não só, de aspectos conceptuais e metodológicos da própria investigação realizada, como também do rigor e clareza colocados na comunicação do

trabalho realizado, desde a explicitação do problema a resolver, à apresentação dos fundamentos teóricos, à descrição dos aspectos metodológicos e à análise dos resultados (Lopes, 2004).

Note-se que a *observação* não está ausente da construção da ciência, mas, ao contrário do que defendem os paradigmas empiristas, a observação é, também ela, um produto do esforço intelectual do sujeito epistémico, uma vez que está imbuída das expectativas do observador no quadro de um referencial teórico (Praia et al., 2002). Segundo o empirismo, a realidade observada dita o problema a resolver e é ponto de partida para a construção de conceitos, teorias e leis que vão constituir a ciência. Os dados observados não dependem das opiniões ou expectativas do observador, mas apenas dos sentidos. Aqui, a teoria é apenas o conhecimento estabelecido a partir da observação, não participando na interpretação dos dados empíricos (Praia et al., 2002). À luz das epistemologias contemporâneas, Praia et al. (2002) esclarecem que "A observação [científica] não é, sistematicamente, o ponto de partida …" devendo "… ser sempre considerada provisória …" pois trata-se de "… percepções que envolvem …" variadas vezes "… uma refinada e longa preparação prévia" (p. 135). Mais, consideram um mito a existência de um observador que faz os seus registos de forma neutra, sem ideias pré-concebidas ou convicções pessoais. Segundo aqueles autores, a observação científica da realidade pressupõe a existência de um referencial teórico que condiciona, ou até determina, o que se mede, como se mede, e a própria interpretação dessa observação. Segundo Hodson (1992), as teorias científicas são avaliadas com base na "… reprodutibilidade dos resultados experimentais e na consistência com os "factos observados" …", mas esclarece o significado desta afirmação em três pontos essenciais: (i) a consistência com os factos não valida a teoria em causa, mas apenas significa que a teoria "pode ser" válida; (ii) o que se observa é falível e dependente da teoria aceite no momento, logo, também o são as conclusões baseadas nas observações; (iii) as experiências são incertas e confusas, não produzindo dados inequívocos e fidedignos, pois as evidências empíricas podem ser interpretadas de modos diferentes consoante a teoria subjacente; logo os resultados das experiências têm de ser interpretados à luz do enquadramento teórico aceite no momento.

Gil-Pérez, Fernández, Carrascosa, Cachapuz, & Praia (2001), sintetizam a visão contemporânea da ciência em cinco pontos (correspondentes aos aspectos essenciais em comum dos discursos de epistemólogos como Popper, Kunh, Lakatos, Toulmim, entre outros):

(i) Não existe um método científico único, isto é, como um conjunto de etapas a seguir sequencialmente, mas sim vários métodos na construção da ciência;

(ii) Os conhecimentos científicos não são obtidos por inferência indutiva a partir de dados sensoriais, mas sim a partir da interpretação desses dados de acordo com um referencial teórico aceite no momento, o que pode conduzir à necessidade da alteração ou mesmo abandono das teorias aceites por outras mais satisfatórias;

(iii) A colocação de hipóteses surge como a tentativa de responder a problemas, tendo aquelas que ser testadas recorrendo à experimentação, sendo esta e aquelas devidamente concebidas com o apoio dos conhecimentos teóricos aceites no momento; ou seja, a construção do conhecimento é tentativa, recorrendo à formulação de hipóteses e pondo estas à prova através da experimentação, e não baseada num procedimento indutivo a partir de dados anteriormente recolhidos;

(iv) Há a procura de coerência e de globalidade, isto é, os resultados obtidos têm de fazer sentido no seio do corpo de conhecimentos vigente, sendo coerentes com os resultados obtidos noutras situações, mas também procurando obtê-los por outros processos, numa procura de ligação entre vários domínios do conhecimento;

(v) O empreendimento científico tem um carácter social, ou seja, a construção e o desenvolvimento da ciência recorrem à validação dos seus resultados no seio de comunidades científicas e envolvem várias gerações de cientistas na elaboração dos modelos, teorias e leis vigentes, não sendo obras de uma só pessoa. O trabalho científico é, cada vez mais, a tentativa de responder a problemas da sociedade num dado momento histórico e, por outro lado, tem reflexos na vida dos cidadãos e nos ecossistemas em geral.

As inter-relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (CTS)

Como já foi discutido acerca da natureza e da construção do conhecimento científico, as epistemologias actuais defendem que os cientistas, na sua actividade de produção e validação do conhecimento podem ser influenciados pelas suas convicções, preconceitos, valores e interesses. Daí que os resultados obtidos possam ficar com características decorrentes daquelas influências. No entanto, a validação de todo o conhecimento é feita através de discussões no seio das comunidades científicas, mas de forma aberta por via da comunicação dos resultados das investigações desenvolvidas ou em curso (Lopes, 2004). Apesar de também aquelas comunidades

terem interesses particulares e estarem imbuídas das crenças, dos preconceitos, dos valores e da formação académica e investigativa própria de cada um dos seus elementos, as características dos processos de validação do conhecimento científico promovem a isenção e a independência do conhecimento produzido. No entanto, estas características apenas se desejam, sendo um mito considerar que a ciência as possui (Lopes, 2004).

Já foi referido que os paradigmas epistemológicos actuais consideram, na análise da natureza e da construção do conhecimento científico, as interacções entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (CTS). Gil-Pérez et al. (2001) salientam o cariz social do desenvolvimento da ciência referindo-se, por um lado, ao facto das teorias aceites num dado momento serem o resultado dos contributos de gerações de cientistas e, por outro, os resultados científicos serem, cada vez mais, respostas a problemas colocados por comunidades de cientistas, que interagem entre si desenvolvendo um trabalho coordenado e de acordo com o percurso de investigação dessas comunidades. Também já referimos atrás a influência que a sociedade pode ter sobre a decisão dos programas de investigação a financiar ou sobre o rumo a tomar em determinadas investigações, atendendo a determinadas circunstâncias ou problemas que estejam a ocorrer na vida dos cidadãos, o que salienta o facto de os cientistas serem homens e mulheres comuns, portanto, o seu trabalho "… não tem lugar à margem da sociedade em que vivem …" (Gil-Pérez et al., 2001, p. 137). Ou seja, trata-se de casos de inter-relações ciência-sociedade e tecnologia-sociedade. Nestas, outros aspectos há ainda a considerar, como a imagem que a actividade dos cientistas projecta nos cidadãos acerca da própria ciência (Gil-Pérez et al., 2001), mas também a implicação que certos projectos de investigação podem ter no nível e na qualidade de vida dos cidadãos (Lopes, 2004).

A introdução da ética nas discussões filosóficas sobre a construção do conhecimento científico tem implicações na consciencialização da humanidade de que o seu (nosso!) futuro comum depende da saúde do planeta Terra, saúde esta que deve ser preservada e cuidada, mas que é, muitas vezes, posta seriamente em causa pela própria humanidade (Lopes, 2004). Este aspecto da filosofia introduziu o *ambiente* nas inter-relações CTS consideradas agora na produção da ciência, daí que vários autores optem por referir as inter-relações *ciência-tecnologia-sociedade-ambiente* (*CTS-A*).

Mas há outras interacções a considerar. Por exemplo, nas interacções ciência-tecnologia, o conhecimento científico influencia, por certo, o desenvolvimento tecnológico. Isto é, os instrumentos desenvolvidos para um certo fim dependem do conhecimento científico disponível numa certa comunidade de técnicos. No entanto, como a tecnologia também se desenvolve em função dos interesses da sociedade, os conhecimentos científicos usados podem ser seleccionados de diferentes formas, condicionando o desenvolvimento tecnológico (Lopes, 2004). Por sua vez, este pode determinar as orientações do progresso científico, pois das inovações tecnológicas disponíveis se obtêm uns ou outros dados científicos a interpretar (Lopes, 2004). A articulação existente entre a ciência e a tecnologia implica que cada uma delas é dependente da outra para o seu desenvolvimento. Mas, a sociedade, na busca de melhorias para o seu nível e qualidade de vida, exige soluções tecnológicas e/ou científicas, que podem ter efeitos benéficos ou até negativos para a sociedade, mesmo que indirectamente ou a médio/longo prazo (Lopes, 2004). Como diz Hodson (1992), "… a industrialização, comercialização e militarização da ciência contemporânea determinam cada vez mais a direcção do empreendimento científico …". Muitas vezes, os efeitos nefastos para a vida dos cidadãos repercutem-se no ambiente (Lopes, 2004). A consciência pela sociedade dos efeitos que a ciência e a tecnologia têm sobre aquela e o ambiente tem vindo a acentuar-se, pelo que a sociedade tem vindo a reivindicar e a exercer o seu poder sobre as decisões a tomar no seio da própria actividade científica e tecnológica, na tentativa de proteger o ambiente (Lopes, 2004).

• Contributos da epistemologia construtivista para o ensino da ciência

Tem-se defendido que as visões sobre a ciência detidas pelos professores reflectem-se na ciência que é ensinada e nas estratégias e procedimentos usados no seu ensino (e. g. Cachapuz et al., 2002; Erduran, et al., 2007; Gil-Pérez et al., 2001; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; Lopes, 2004; Matthews, 1994; Mellado e Carracedo, 1993; Praia et al., 2002). Por outro lado, Gil-Pérez et al. (2001) referem que há estudos que evidenciam que o ensino da ciência, incluindo o universitário, se baseia em práticas do tipo transmissivo e que não proporciona aos estudantes o contacto com práticas do tipo investigativo. Gil-Pérez et al. (2001), referindo-se ao

trabalho desenvolvido por Fernández, referem que as concepções dos estudantes acerca da ciência correspondem a uma imagem associada a um método científico único, com etapas bem definidas e a seguir sequencialmente e com resultados inquestionáveis.

Gil-Pérez et al. (2001) desenvolveram um trabalho extenso sobre as visões da ciência proporcionadas pelo ensino, onde identificaram sete visões deformadas, detectadas a partir, tanto das percepções dos professores em trabalho desenvolvido por estes investigadores, como da análise de uma vasta bibliografia em didáctica das ciências. Aqueles investigadores, referindo novamente o trabalho de Fernández, constataram que as visões deformadas são, de facto, transmitidas aos estudantes por via do ensino, quer através de práticas educativas, quer através de manuais escolares e recursos didácticos.

Uma das visões sobre a ciência que foi identificada é a "concepção empírico-indutivista e ateórica" que valoriza o papel da observação e da experimentação, sem que estas tenham em conta a função das hipóteses e das teorias científicas na construção do conhecimento (Gil-Pérez et al., 2001). Esta concepção sobre a ciência está na base, por exemplo, do modelo de *aprendizagem por descoberta* desenvolvido e aplicado na sala de aula nas décadas de 60 e 70 do século passado (Gil-Pérez et al., 2001). Este modelo defende que a aprendizagem da ciência deve fazer-se segundo processos semelhantes aos envolvidos no trabalho científico, mas fundamenta-se numa epistemologia que valoriza um indutivismo extremo, um envolvimento dos estudantes nas actividades de modo completamente autónomo e por uma desvalorização dos conteúdos (Gil-Pérez, 1993). Praia et al. (2002) referem que a aprendizagem por descoberta é "… entendida erradamente como descoberta sistemática de ideias, por conta própria, a partir de factos evidenciados por resultados experimentais ou observacionais que mostram o óbvio" (p.136). Ora, estas orientações do ensino conduziram a um reconhecido fracasso em termos das aprendizagens dos estudantes e da compreensão adequada da natureza do conhecimento científico (Gil-Pérez, 1993).

Outra visão deformada da ciência é a que corresponde a uma "visão rígida (algorítmica, exacta, infalível, …)" da ciência, coerente com a imagem de um método científico único, com um número bem definido e sequencial de etapas (Gil-Pérez et al., 2001). "Os relatórios experimentais pedidos nas escolas e universidades reflectem aquela concepção de método científico" (Lopes, 2004, p. 41).

Outra visão que é importante salientar é a "visão aproblemática e ahistórica", que considera a transmissão dos conhecimentos já elaborados, sem referência às situações problemáticas que lhes deram origem e às circunstâncias históricas determinantes da sua construção e desenvolvimento (Gil-Pérez et al., 2001).

Importa referir também a visão correspondente à "imagem descontextualizada, socialmente neutra da ciência", detida por muitos professores, que ignora as inter-relações CTS-A presentes no empreendimento científico e, portanto, que reforça a imagem de uma ciência livre da influência dos valores, interesses e crenças dos cientistas, mas também das pressões da sociedade sobre esse trabalho científico (Gil-Pérez et al., 2001). Esta visão está patente, no ensino, na pouca importância que é dada à avaliação de atitudes (Gil-Pérez et al., 2001). Relacionada com esta imagem do trabalho científico está a "visão individualista e elitista da ciência" que supõe que a construção do conhecimento científico é obra de homens geniais, que trabalham isoladamente sem a necessidade de validação dos seus resultados, o que, afinal, passa pela sua partilha e discussão no seio de uma comunidade científica (Gil-Pérez et al., 2001).

Há também a "visão exclusivamente analítica", que se refere à divisão dos estudos científicos de acordo com a área científica em causa e o tipo de estudos, mas que omite a, cada vez mais, necessária inter-relação das várias áreas científicas e mesmo unificação dos seus conhecimentos, na compreensão e resolução dos problemas (Gil-Pérez et al., 2001).

A "visão acumulativa de crescimento linear" está associada a uma imagem da ciência que pressupõe que os conhecimentos se acumulam à medida que vão sendo construídos, sem que se considerem as reconceptualizações tantas vezes necessárias ou as confrontações entre várias teorias (Gil-Pérez et al., 2001).

Gil-Pérez et al. (2001) notam que estas sete visões da ciência não são independentes e autónomas mas estão inter-relacionadas e integradas numa "imagem global ingénua da ciência", de tal modo que a existência de uma visão da ciência leva à existência de outra(s), apoiando-se e reforçando-se mutuamente. Estas concepções da ciência estão na base das concepções behavioristas da aprendizagem, já aqui referidas, que emergiram no início do século XX e que dominaram na psicologia e no ensino durante grande parte daquele século (Cachapuz et al., 2002; Canavarro, 1999; Novack, 1988).

Portanto, mudar as práticas didácticas, segundo Lopes (2004), passa por os professores de ciência terem de apropriar perspectivas da natureza e construção do conhecimento mais favoráveis ao ensino e à aprendizagem da ciência e transporem-nas para a sala de aula. McDermott (1990) preconiza que os cursos de formação de professores devem envolver activamente os professores nos processos de produção da ciência, de modo a que aqueles o façam também com os seus estudantes. A mesma ordem de ideias apresenta Hodson (1992), ao defender o envolvimento dos professores na discussão de problemáticas com os seus estudantes, actividade cuja natureza crítica e reflexiva ajuda a desenvolver o pensamento crítico e a tomada de decisões nos estudantes e promove nos professores um desenvolvimento profissional mais estimulante. Gil-Pérez et al. (2001) propõem mesmo que os professores sigam um guião, inicialmente elaborado por Gil-Pérez, quando planificarem as suas actividades lectivas, de modo a garantirem que essas actividades não estão a transmitir uma imagem deformada da ciência, mas sim uma concepção adequada da construção do conhecimento científico. De uma forma resumida, apresentamos na tabela 2.1 os dez itens que Gil-Pérez et al. (2001) esperam servir de orientação àquele trabalho dos professores e que correspondem aos aspectos assinalados por diversas linhas de investigação como sendo fundamentais para a promoção de uma aprendizagem significativa das ciências.

Tabela 2.1 – Aspectos a incluir num currículo de ciências para favorecer a construção de conhecimentos científicos. (adaptada de Gil-Pérez (1993) e de Gil-Pérez et al. (2001))

---

1 – Apresentam-se **situações problemáticas abertas** (com o objectivo de os alunos poderem tomar decisões para as estudar) de um nível de dificuldade adequado?

2 – Planifica-se uma reflexão sobre o **possível interesse das situações** propostas que dê sentido ao seu estudo (considerando a sua relação com o programa geral de trabalho adoptado, as possíveis implicações CTS, etc.)?

3 – Planifica-se uma **análise qualitativa** significativa, que ajude a compreender e a enquadrar as situações definidas (à luz dos conhecimentos disponíveis, do interesse do problema, etc.) e a formular perguntas operativas sobre o que se procura?

4 – Perspectiva-se a **formulação de hipóteses**, fundamentadas nos conhecimentos disponíveis, susceptíveis de orientar o tratamento das situações e explicitam-se as concepções prévias, encaradas como hipóteses?

5 – Planifica-se a **formulação de estratégias** (no plural), incluindo, neste caso, dispositivos experimentais? Pede-se, pelo menos, a avaliação crítica de alguma estratégia ou montagem experimental?

6 – Esboça-se a **análise atenta dos resultados** (a sua interpretação física, fiabilidade, etc.) à luz do corpo de conhecimentos disponíveis, das hipóteses consideradas e/ou dos resultados de outros autores? Está prevista alguma reflexão sobre os possíveis conflitos entre alguns dos resultados e as concepções iniciais?

7 – Têm-se em consideração possíveis **redefinições do estudo** a um outro nível de complexidade, implicações CTS do estudo realizado, …)?

8 – Pede-se **um esforço de integração** que considere a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimentos, as suas possíveis implicações noutros campos de conhecimentos, etc.?

9 – Presta-se **atenção à comunicação** como aspecto essencial da actividade científica? Planifica-se a elaboração de **descrições do trabalho científico** realizado?

10 – Potencia-se a **dimensão colectiva do trabalho científico,** organizando grupos de trabalho e facilitando a integração entre esses grupos e a comunidade científica (representada, na sala de aula, pelos restantes grupos, o corpo de conhecimentos já construído, os textos, o professor como perito, …)?

As ideias apresentadas no guião de Gil-Pérez (1993) são reforçadas por outros autores. Já dissemos que Gil-Pérez et al. (2001) sugerem aos professores o uso daquele mesmo guião, embora pontualmente modificado, na concepção dos currículos de ciências. Também Praia et al. (2002), Cachapuz et al. (2002) e Lopes (2004) dão relevância à problematização (itens 1, 2 e 3), à formulação de hipóteses (item 4), à experimentação (item 5), à interpretação dos resultados (itens 6, 7 e 8), à elaboração de teorias (implícita nos itens 7 e 8) e à comunicação de resultados (item 9 e implícita no item 10). Apresentemos, então, algumas posições daqueles autores.

Relativamente à problematização, Praia et al. (2002), baseando-se num trabalho de investigação de Campos e Cachapuz, referem que no ensino, a situação-problema em estudo não é definida de forma clara, seja nos manuais escolares, seja em muitas práticas dos professores pelo que os estudantes ficam desorientados na procura de algo que não sabem muito bem o que é. Por exemplo, em trabalhos de laboratório, os estudantes executam tarefas sem compreenderem o seu objectivo nem que respostas devem procurar, portanto, os conhecimentos surgem de uma forma que lhes parece natural (Praia et al., 2002). Ora, segundo estes investigadores, devem ser os estudantes a formularem os problemas a que querem ou

têm de dar respostas, para que eles os sintam como algo do seu interesse, o que ajuda a que a situação de aprendizagem se constitua como um desafio intelectual, sendo pois uma das principais fontes de motivação à aprendizagem.

A propósito do papel das hipóteses no ensino da ciência, Cachapuz et al. (2002) dizem que é importante "…. aproximar a ciência dos cientistas, da ciência praticada na sala de aula" (p. 78). Propõem então uma abordagem, de pendor popperiano, que "… exige dos alunos grande capacidade criativa e competências metodológicas, assim como um bom fundo teórico e espírito crítico" (p. 79): (i) o problema a resolver é visto como um confronto com uma teoria já existente; (ii) formula-se uma proposta de solução, que é a hipótese; (iii) a partir da hipótese, deduzem-se proposições que sejam passíveis de ser testadas; (iv) testam-se aquelas através de experiências e observações, com vista a tentativas de falsificação; (v) sendo as proposições elaboradas de acordo com a sua relação com as teorias.

Em relação à experimentação, Cachapuz et al. (2002) consideram que aquela deve ser encarada na sala de aula de modo a que: (i) se saliente o papel da problematização como promotora da discussão de ideias; (ii) se torne uma via para a explicitação das ideias dos estudantes e o desenvolvimento da sua compreensão conceptual; (iii) esteja apoiada num quadro teórico que oriente a análise dos resultados a obter; (iv) seja delineada pelos estudantes para que estes possam ter consciência da sua aprendizagem (ainda que seja necessária a ajuda do professor).

Quanto à interpretação dos resultados, Lopes (2004), referindo-se em particular às actividades experimentais, considera que aquela deve ser feita pelos estudantes com o auxílio do professor. Este deve: (i) mediar a interpretação pelos estudantes dos resultados obtidos, com a sua integração no modelo ou teoria aceite ou com a rejeição e/ou reformulação daquele modelo ou teoria; (ii) ajudar a fazer a extensão das aprendizagens feitas a outras situações; (iii) e a estabelecer relações com outros conhecimentos (Lopes, 2004).

Praia et al. (2002) defendem que as teorias devem ter o seu espaço no ensino, devendo as teorias constituir "… uma referência para a selecção e a organização dos conteúdos científicos, devendo ser como que um elemento central para a compreensão da ciência, enquanto projecto – antropológico, social, cultural, axiológico, ético" (p. 131), portanto, esclarecendo os estudantes quanto às circunstâncias em que dada teoria foi elaborada, que dificuldades se enfrentaram desde o seu estabelecimento até ao seu eventual abandono, …

A comunicação de resultados é, para Lopes (2004), um dos processos da construção do conhecimento científico relevantes para o contexto educativo, pois os estudantes deverão saber estruturar a exposição do trabalho realizado, desde a formulação do problema a resolver até à eventual obtenção da sua resposta, passando pela apresentação dos conceitos em jogo e dos modelos implícitos, do delineamento e execução das estratégias para testagem das hipóteses e da interpretação dos resultados no âmbito do quadro teórico em causa. A linguagem utilizada na comunicação do trabalho deverá ser outra preocupação dos estudantes, que a deverão adequar ao público visado (Lopes, 2004).

Praia et al. (2002) destacam, ainda, que o papel da observação na construção da ciência deve ser considerada no ensino, com o cuidado de tornar claro que "as observações científicas são percepções que envolvem quase sempre alguma preparação prévia" (p.135), uma alusão à necessidade de se observar na sequência de um problema a resolver e no contexto de um dado referencial teórico e tecnológico, geralmente para testar uma hipótese explicativa (portanto, criando expectativas quanto ao que se vai observar) e muitas vezes por via da experimentação. É pois importante clarificar que a observação, por si só, não permite a construção de conhecimentos científicos (tal como se pressupõe na aprendizagem por descoberta), pelo que, no ensino, devem desenvolver-se estratégias que salientem o papel da observação como "… um processo de questionar as *hipóteses* que os alunos sugerem" (Praia et al., 2002, p. 136).

Lopes (2004) defende que os processos científicos devem ser ensinados aos estudantes na construção do conhecimento científico, ou seja, "fazendo ciência", embora com a supervisão do professor. A este propósito também Praia et al. (2002) defende que o professor tem o "… papel de mediador entre os saberes dos alunos e o conhecimento reconhecido, saberes que de salto em salto qualitativo … permite ajudar a construir um saber novo" (p. 136).

Lopes (2004) salienta que, para que ocorram as mudanças tão desejadas e desejáveis nas práticas didácticas, é fundamental compreender a construção do conhecimento científico em contexto educativo. Assim, Lopes (2004) elaborou uma análise da estrutura da situação de conhecimento em contexto de ensino e de aprendizagem, fazendo o confronto com a estrutura da situação de conhecimento em contexto de produção científica. Para Lopes (2004), a estrutura da situação de conhecimento em contexto educativo contém os elementos que participam na

construção do conhecimento científico pelos cientistas, ou seja, o objecto e o sujeito epistémicos e a estrutura de relação, mas coloca em cena igualmente outros elementos que são próprios do contexto educativo e que não existem em contexto de produção científica. Desde já, a figura do professor. Analisemos a tabela 2.2, que procura salientar as diferenças mais relevantes da estrutura de situação de conhecimento em contexto de produção científica e em contexto educativo.

Tabela 2.2 – Principais diferenças na estrutura de situação de conhecimento em contexto de produção científica e em contexto educativo. (baseada em Lopes (2004))

	Estrutura da situação de conhecimento	
	Em contexto de produção científica	**Em contexto educativo**
Sujeito epistémico	-cientistas individuais ou em interacção com a restante comunidade científica (e sob a influência da sociedade em geral).	-estudantes individuais ou em interacção entre si e/ou com o professor.
Objecto epistémico	-parte da realidade; -conhecimentos produzidos anteriormente;	***Objecto epistémico principal:*** -conhecimento científico disponível. ***Objectos epistémicos escolares:*** -situações colocadas; -informação disponibilizada; -actividades propostas; -experiências solicitadas ou apresentadas; -recursos disponibilizados. ***Objectos epistémicos subjacentes:*** -vivências dos estudantes; -situações que conhecem; -observações de fenómenos.
Estrutura de relação	-tem de ser construída. -depende dos conhecimentos já estabelecidos e do contexto histórico.	***Estrutura de relação presente:*** -ferramentas conceptuais (conceitos, modelos teóricos, teorias, …) e operatórias (modos de operar e de raciocinar) a construir pelos estudantes tendo como referência o conhecimento científico; ***Estrutura de relação subjacente:*** -esquemas de pensamento, modos de operar (próprios da cultura dos estudantes), crenças, etc.

Mediador	-não existe formalmente, embora ele possa existir na confrontação de pares, assumindo o papel de sujeito epistémico.	-é o professor que tutela/medeia a estrutura de relação a mobilizar pelo(s) estudante(s), bem como o objecto epistémico e o modo como é apresentado.

Enquanto em contexto de produção científica, o objecto epistémico pode ser uma parte da realidade ou conhecimentos produzidos anteriormente, em contexto educativo o *objecto epistémico principal* é o conhecimento científico disponível (em livros, artigos, etc. reconhecidos pela comunidade científica) (Lopes, 2004). Há no entanto, outros objectos epistémicos que se colocam perante os estudantes na sala de aula: a informação (científica ou outra) que o professor faculta, as situações que o professor coloca (para problematização) ou apresenta (para ilustração ou demonstração), do domínio da vida real, científico ou académico; as diversas tarefas solicitadas aos estudantes; as actividades experimentais que realiza; os recursos escolares que apresenta (Lopes, 2004). Ou seja, os *objectos epistémicos escolares*, que são seleccionados de acordo com o conhecimento científico a aprender (Lopes, 2004). Mas há ainda que considerar as situações conhecidas do dia-a-dia dos estudantes, os seus interesses pessoais ou o conhecimento que detêm e consideram ser do domínio científico: *objectos epistémicos subjacentes* (Lopes, 2004). Portanto, em contexto educativo, o sujeito epistémico (estudante individual ou estudantes em interacção entre si e/ou com o professor) tem, não um mas, três objectos epistémicos (Lopes, 2004). Assim, o estudante tem de mobilizar mais do que uma estrutura de relação. Uma, designada de *estrutura de relação presente*, e que são as ferramentas conceptuais e operatórias (modos de operar e de raciocinar), é mobilizada quando o estudante se debruça sobre o conhecimento científico disponível (objecto epistémico principal) e as situações escolares, as informações, as actividades, … (objectos epistémicos escolares) (Lopes, 2004). Outra, designada de *estrutura de relação subjacente*, refere-se aos esquemas de pensamento, modos de operar, etc., que são mobilizados quando o estudante se debruça sobre as suas vivências ou observações (Lopes, 2004). A figura 2.2 representa a estrutura da situação de conhecimento em contexto educativo.

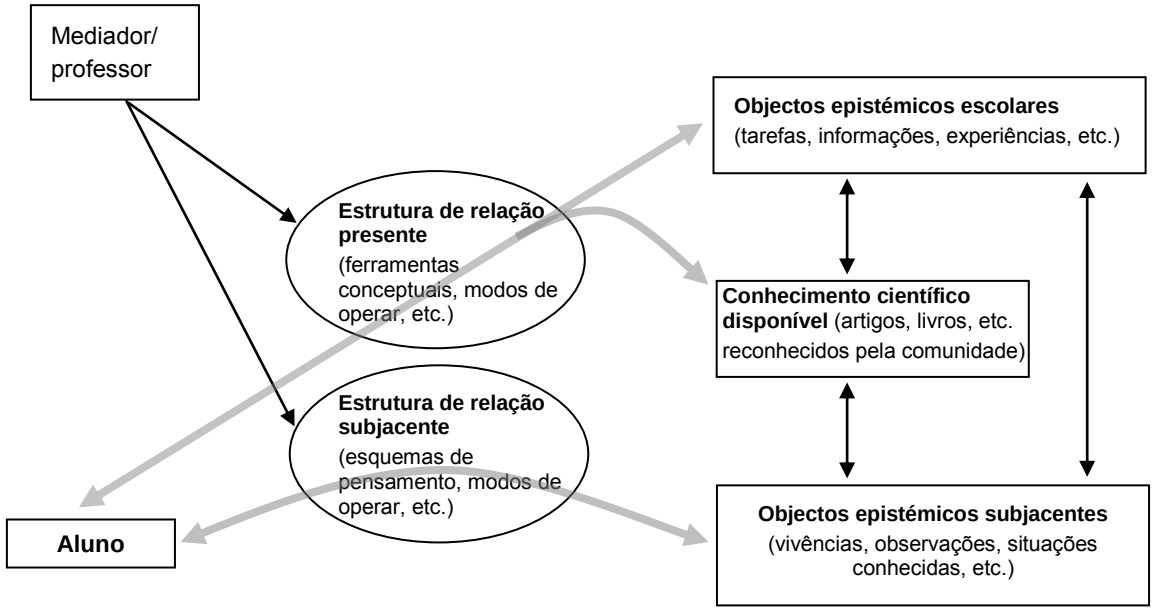


Figura 2.2 – Estrutura da situação de conhecimento em contexto educativo. (retirada de Lopes (2004)).

Como a figura sugere, há duas estruturas da situação de conhecimento: a *presente*, que está sempre presente em contexto educativo, embora nem sempre esteja clara para os estudantes; a *subjacente*, que apesar de estar sempre presente na mente dos estudantes, pode não estar clara para o professor (Lopes, 2004). Compreende-se assim que estas estruturas de relação possam entrar em conflito, o que acresce dificuldades ao estudante na construção do conhecimento científico em contexto educativo (Lopes, 2004). Outra figura que não existe em contexto de produção científica é o professor. Este poderá assumir múltiplos papéis (por exemplo, o de seleccionar os conhecimentos científicos a ensinar, disponibilizar recursos, elaborar tarefas a executar pelos estudantes, …) mas, numa perspectiva construtivista, deve ser valorizado o papel em que o professor ajuda a construir a estrutura de relação mobilizada ou a mobilizar pelos estudantes, de modo a que o estudante obtenha e use enunciados de conhecimento (ou seja, o professor tutela/medeia a estrutura de relação que o estudante mobiliza quando este constrói conhecimento científico) (Lopes, 2004).

Na opinião de Lopes (2004), o que se pretende num bom ensino é a articulação das duas estruturas de relação, de forma a que a subjacente potencie a presente. Para tal, o professor deverá seleccionar os objectos epistémicos escolares de

modo a articulá-los com o conhecimento a ensinar e as competências a desenvolver, tendo um papel fundamental na construção do conhecimento pelos estudantes, promovendo e facilitando a articulação das duas estruturas de relação existentes em contexto de ensino e aprendizagem (Lopes, 2004). Esta função de mediador das aprendizagens poderá ser desempenhada de diversas formas, como Lopes (2004) propõe:

– Estruturar convenientemente o conhecimento a ensinar e as competências a desenvolver;

– Seleccionar os objectos epistémicos escolares e articulá-los convenientemente com o conhecimento a ensinar e as competências a desenvolver;

– Partir dos conhecimentos de referência dos estudantes para fazer pontes com o conhecimento que se pretende que seja aprendido;

– Trabalhar na estrutura de relação subjacente dos estudantes, procurando desenvolver a partir destes os processos científicos a aprender;

– Estabelecer, com os estudantes, um bom ambiente de ensino e de aprendizagem, valorizando os seus pontos de vista, incentivando-os a superarem os obstáculos, dando *feedback* das suas aprendizagens de modo construtivo, ….

Voltemos às visões deformadas da ciência projectadas pelo ensino, em particular à "imagem descontextualizada, socialmente neutra da ciência", que considera a construção dos conhecimentos científicos livre da influência dos valores, interesses e crenças dos cientistas e da sociedade em geral. Enquanto dominou a crença generalizada de que a ciência era livre de valores, o ensino da ciência não abordava questões éticas (Matthews, 1994). No entanto, "… alguns dos currículos do ensino secundário começam a incluir um maior número de referências às implicações CTS dos desenvolvimentos científicos e, consequentemente, permitem abrir espaços de debate e discussão, nomeadamente em torno de questões éticas …" (Gil-Pérez et al., 2001, p. 134). À luz das epistemologias contemporâneas, as questões éticas surgem, cada vez mais, em contexto de sala de aula, no seguimento da discussão de temas contemplados nos currículos e/ou que os estudantes suscitam, como a extinção de espécies, o uso de animais para experiências científicas, o efeito de estufa, a contaminação, a engenharia genética, o uso da ciência e da tecnologia nas indústrias de defesa militar, a energia nuclear e a guerra nuclear, os custos e a direcção da investigação científica, entre muitas outras (Matthews, 1994). Hodson (1992) salienta

a visão de Maxwell que afirma que problemas sociais, como a pobreza, a subnutrição ou as doenças, não se devem às insuficiências do conhecimento científico ou tecnológico, mas à falta de uma actividade científica que valorize o que é desejável a nível pessoal e social, ou seja, os valores humanos. Aquele investigador defende que as questões de sustentabilidade ambiental, em particular, deveriam ter uma atenção mais convergente por parte dos cientistas e técnicos e que, na ausência desta atitude, a educação em ciência deve ser a via para a criação de um clima social que promova aquela convergência (Hodson, 1992).

As questões éticas surgem, portanto, integradas nas inter-relações ciência-tecnologia-sociedade (CTS), promovidas cada vez mais por programas do ensino secundário e universitário, o que, segundo Matthews (1994), reflecte o contributo da história e filosofia da ciência para o ensino da ciência. Com aquelas inter-relações pretende-se um ensino de ciência em contexto, isto é, que ensine ciência no seu contexto social, histórico, filosófico, ético e tecnológico (Matthews, 1994). Como afirma Matthews (1994), o ensino da ciência deve ser "… sobre a ciência, assim como em ciência" (p. 256). Uma ideia que corrobora a de Matthews foi apontada por Hodson (1992), ao defender que "aprender ciência", "aprender sobre ciência" e "fazer ciência" são as três dimensões principais de uma das vias (a da literacia científica[2]) para proporcionar uma "… educação em ciência equilibrada e coerente" (p. 548), sendo que as outras vias propostas são a das tarefas e a dos temas. Canavarro (1999) baseia-se em Yager para afirmar que "O ensino CTS … assume-se como uma forma estruturada de ensinar ciência e tecnologia, como um esforço de reforma no sentido de se atingirem níveis aceitáveis de literacia científica por parte da população em geral". Também Cachapuz et al. (2008), referindo Laugksch, salientam que, na maioria das reformas educativas desde os anos 80 do século XX, a relevância das orientações para a promoção de uma responsabilidade social, com base na influência social e cultural da ciência e da tecnologia, "… tem vindo a receber atenção crescente e a implicar o conceito de literacia científica como um novo slogan e finalidade da educação contemporânea" (p. 28).

Efectivamente, estas preocupações e orientações para o ensino da ciência vêm ao encontro de resultados de investigações levadas a cabo nas décadas de 70 e

[2] O termo *literacia científica* tem múltiplas acepções, que podem ser consultadas em Laugksch (2000). No caso de Hodson (1992), literacia científica é o termo usado para uma "… ciência mais significativa e mais acessível para todos os estudantes" (p. 548).

80 do século XX, nos Estados Unidos, que apontam para níveis preocupantes de dificuldades de aprendizagem de um elevado número de estudantes de diversos níveis de ensino (Yager, citado por Canavarro, 1999). Canavarro (1999) esclarece que aquelas dificuldades de aprendizagem se destacavam principalmente quando os estudantes utilizavam as informações recebidas e os processos científicos *supostamente* aprendidos durante o ensino, em contextos exteriores ao mundo escolar. Foi esta dificuldade dos indivíduos usarem os conhecimentos científicos e tecnológicos, supostamente aprendidos em contexto escolar, na tomada de decisões em contexto social, como expressão da sua cidadania em sociedades democráticas, que serviu de embrião às reformas educativas com abordagem CTS do ensino da ciência, nos Estados Unidos (Canavarro, 1999).

Cachapuz et al. (2008) referem que, segundo Garcia et al., a perspectiva CTS se apresenta de duas formas distintas: nos EUA são relevados os efeitos das inovações científico-tecnológicas na vida dos cidadãos; na Europa, valoriza-se preferencialmente a influência das circunstâncias sociais no rumo das investigações científicas e tecnológicas. Aqueles investigadores defendem, no entanto, que estas duas visões não se podem dissociar e que actualmente há autores que salientam que se deve usar o conhecimento científico e tecnológico para, em contexto social, compreender problemas actuais da humanidade e ser uma via para a sustentabilidade.

Para Ziman (1994), a função da abordagem CTS na educação em ciência está contida nestas palavras: "… *a principal fraqueza da ciência "válida"* [o autor refere-se à ciência como ela é ensinada convencionalmente] *tal como ela é usualmente ensinada não é o que ela diz acerca do mundo, mas o que ela deixa por dizer*. A incumbência da educação CTS é suprir aquela lacuna" (p. 22). Canavarro (1999) apresenta uma listagem, elaborada a partir das reflexões de Ziman (1994), de sugestões para a integração das inter-relações CTS no ensino formal da ciência:

1. A abordagem pela relevância. Consiste na apresentação da ciência através das suas aplicações bem sucedidas.

2. A abordagem vocacional. Consiste na apresentação da ciência e da tecnologia com o pensamento numa carreira profissional futura. Ênfase na formação necessária para o desempenho duma determinada profissão ou dum conjunto de

profissões de base científica e/ou tecnológica e apresentação de informação relativa ao exercício dessas profissões.

3. Abordagem transdisciplinar. Consiste na apresentação da ciência de forma não segmentada (ao contrário do que sucede no ensino tradicional). Esta apresentação holística da ciência busca sobrevalorizar a unidade das ciências naturais e das tecnologias associadas; procura desenvolver no aluno uma visão integrada e complementar da ciência, mais de acordo com o conhecimento científico natural.

4. Abordagem histórica. Consiste na apresentação da ciência e da tecnologia num contexto de mudança histórico-social. Procura demonstrar a evolução da ciência e da tecnologia sempre numa perspectiva de interligação à sociedade, evidenciando as qualidades sociais das descobertas científicas e das inovações tecnológicas e as exigências que a sociedade impõe à ciência e à tecnologia.

5. A abordagem filosófica. Consiste na apresentação da ciência através de uma discussão a propósito da natureza do conhecimento científico.

6. A abordagem sociológica. Consiste na apresentação da ciência e da tecnologia a partir da apresentação de instituições sociais a operar nestas áreas (universidades, laboratórios industriais, multinacionais); na discussão das funções sociais destas instituições, e configura-se como uma aproximação política e económica às questões científicas e tecnológicas.

7. A abordagem *problemática*. Consiste na apresentação e discussão de grandes temas, de grandes questões sociais com base científica da actualidade tais como: ecologia; sobrepopulação; aborto; sida; pobreza; desemprego. Esta é a abordagem CTS mais divulgada (…), que procura lidar directamente com o mundo e representar de forma "concreta" a ciência, a tecnologia e a sociedade contemporâneas (Canavarro, 1999, p. 127).

Segundo Ziman (1994), as várias abordagens têm as suas vantagens e as suas limitações, mas são complementares nos aspectos fortes e nas fraquezas, pelo que este investigador preconiza que o ensino CTS deve ser implementado usando aquelas abordagens de forma complementar em vez de individualmente.

Relativamente à abordagem problemática de Ziman, Canavarro (1999) refere que esta, ao ser usada pelos professores de ciência para organizar as actividades lectivas, estende a escola à restante comunidade, na medida em que os assuntos com relevância social e individual (para cada estudante) são transportados e discutidos na sala de aula, e também potencia uma actualização e aprendizagens permanentes dos professores.

O trabalho desenvolvido sobre o estado da arte da linha de investigação CTS (Cachapuz et al., 2008) conduziu os seus autores a várias conclusões, relevantes para a educação científica:

(i) o ensino CTS é, cada vez mais, discutido em termos da sua abordagem pelas políticas educativas, curriculares, sociais e culturais, sendo a ciência tratada de forma global;

(ii) alguns estudos CTS visam preocupações sócio-ambientais;

(iii) os estudos CTS que predominam são os que se centram na compreensão, pelos estudantes e população em geral, das inter-relações entre a ciência e a sociedade, como via para a promoção da literacia científica dos cidadãos que os ajudará nas tomadas de decisão a que vão sendo chamados;

(iv) alguns estudos propõem a promoção da literacia científica por via da compreensão da natureza e processos da ciência;

(v) só mais recentemente os estudos têm focado o ensino CTS em termos das práticas educativas;

(vi) destaca-se o posicionamento sócio-construtivista dos investigadores relativamente à ciência e a abordagem do seu ensino através da "problematização contextualizada", como meio privilegiado para prover os cidadãos dos conhecimentos, competências e atitudes necessários à tomada de decisões;

(vii) salienta-se a necessidade de os professores terem clara a noção de que a compreensão da ciência pelo cidadão comum não corresponde à estrutura conceptual que tradicionalmente está presente nos currículos de ciência.

*
* *

Pelo que ficou exposto nesta secção, destacamos os aspectos que foram tidos em consideração na fundamentação epistemológica deste trabalho de investigação, que teve em conta a perspectiva sócio-constructivista da construção do conhecimento, em contexto educativo:

– Na estrutura da situação de conhecimento, o sujeito epistémico é o estudante, de forma individual ou em interacção com os seus pares e/ou com o professor;

– Objectos epistémicos são variados, desde os conhecimentos científicos a aprender e os conhecimentos do mundo privado dos estudantes, às situações e informações apresentadas pelo professor, às actividades propostas, aos recursos disponibilizados, …;

– A construção do conhecimento faz-se a partir da interacção do sujeito epistémico colectivo com os objectos a conhecer, por intermédio de estruturas conceptuais e operatórias através de experiências sensoriais e de processos cognitivos de natureza dedutiva e demonstrativa.

– A construção dos conhecimentos a aprender exige do professor a função de mediador, articulando as duas estruturas de relação (conhecimento em construção), uma resultante da interacção com os objectos escolares e a outra resultante da interacção com os objectos do mundo pessoal dos estudantes, através de modos de pensamento do senso comum, de modo a aproximar esta da primeira.

– A construção do conhecimento, neste quadro epistemológico, integra ainda as inter-relações ciência-tecnologia-sociedade (CTS) e, portanto, também as questões axiológicas.

Os fundamentos aqui apresentados pretenderam clarificar as opções tomadas neste trabalho de investigação, no que respeita à visão da ciência tida em consideração e reflectida na concepção do currículo, em particular, das tarefas concebidas para os estudantes executarem, dando particular ênfase não só à aprendizagem dos conceitos científicos, mas principalmente dos processos científicos e

das práticas epistémicas. Daí a relevância dos trabalhos práticos, em particular o trabalho laboratorial, em que se valorizou a problematização e a resolução de problemas e a contextualização CTS-A.

2.1.2. Fundamentação psicológica

Nesta secção vamos abordar a elaboração do conhecimento na perspectiva dos processos que ocorrem no indivíduo quando este aprende, ou seja, segundo as teorias da psicologia da aprendizagem. Deste ponto de vista, é fundamental considerar as perspectivas acerca da aprendizagem conceptual coerentes com as perspectivas construtivistas da epistemologia. Segundo Lopes (2004), a psicologia da aprendizagem analisa os processos que os sujeitos epistémicos mobilizam e/ou desenvolvem quando aprendem, cujas características condicionam o que os estudantes "… podem aprender e como podem aprender".

As concepções da aprendizagem podem agrupar-se de acordo com a sua orientação. Por exemplo, para Cachapuz et al. (2002), há duas orientações principais, o *behaviorismo* e o *cognitivismo*, sendo que esta última integra ainda outra orientação, o *construtivismo*, considerado como uma variante do cognitivismo. Já Stolk, Bulte, de Jong, & Pilot (2009b) consideram que o cognitivismo e o construtivismo (ou perspectiva sócio-cultural da aprendizagem, na designação destes investigadores) são orientações diferentes.

O behaviorismo, também designado de *aprendizagem por condicionamento*, ou de *aprendizagem por associação*, surgiu no início do século XX e foi a concepção da aprendizagem dominante durante grande parte do século XX (Novack, 1988). Sobre esta teoria já dissemos, na secção 2.1.1., que quando um indivíduo recebe um estímulo do exterior, o seu organismo produz uma resposta, de acordo com uma ligação estímulo-resposta que se sistematiza por repetição (Novack, 1988). Nesta concepção da aprendizagem, o foco de análise é o comportamento observável do indivíduo, resposta a um estímulo captado pelos sentidos, e não variáveis internas e não observáveis (Canavarro, 1999). É o meio ambiente, segundo Pozo, que reforça as "boas" respostas, ou rejeita as "más", ou seja, que condiciona a aprendizagem; não se valoriza a estrutura e o estado mentais do indivíduo, nem os processos que ocorrem na mente durante a aprendizagem (embora se reconheça a sua existência), pois não se podem observar ou medir; estas duas características do behaviorismo reflectem a influência dos paradigmas epistemológicos de raiz empirista (Cachapuz et al., 2002). As teorias da aprendizagem de orientação behaviorista estão na base de vários modelos de ensino, como por exemplo, o que recorre à resolução repetitiva de

exercícios do mesmo tipo, ou o que divide os conhecimentos a ensinar em unidades o mais elementares possível, as quais são expostas aos estudantes por ordem crescente de dificuldade e acompanhadas da apresentação dos respectivos reforços (Cachapuz et al., 2002).

Novack (1988) aponta que esta visão da aprendizagem fracassou na explicação das aprendizagens dos humanos, e dos estudantes em particular. Por outro lado, Canavarro (1999) refere que há estudos efectuados nos anos 50, 60 e 70 que apontam para a intervenção dos processos cognitivos, isto é, os processos ocorridos na mente, na mediação da relação entre os estímulos e as respectivas respostas. Daí que tenham emergido correntes na psicologia com interesse crescente pelos significados do conhecimento (concepções) nos diferentes indivíduos – o cognitivismo (Novack, 1988). Esta outra perspectiva de entender a aprendizagem surgiu, portanto, em meados do século XX e começou a prevalecer, relativamente ao behaviorismo, na didáctica das ciências, a partir dos inícios da década de 80 (Stolk et al., 2009b).

O cognitivismo assumiu características diferentes nos Estados Unidos da América (EUA) e na Europa (Cachapuz et al., 2002). Nos EUA, o *processamento de informação*, por exemplo, considera que um estímulo, recebido do exterior, desencadeia no indivíduo, uma atenção específica sobre si mesmo, o que conduz à sua descodificação que é retida na memória a curto prazo; esta comunica com a memória a longo prazo, sendo esta última que determina a resposta ao estímulo (Canavarro, 1999). É pelo facto do processamento de informação considerar a aprendizagem baseada em mecanismos de cariz associativo, que há quem entenda que esta concepção, tal como outras, são teorias de transição entre as orientações behaviorista e cognitivista (Cachapuz et al., 2002). Para Cachapuz et al. (2002), foi só com a perspectiva da *aprendizagem significativa* de Ausubel que se passou a valorizar, efectivamente, a estrutura cognitiva do estudante. Esta concepção da aprendizagem considera que, quando se faculta informação nova ao estudante, são estabelecidas inter-relações entre esta informação (conteúdo a aprender) e a estrutura cognitiva do estudante (ideias previamente existentes) através de processos de *assimilação*, dando-se então a sua *integração* na sua estrutura cognitiva (Cachapuz et al., 2002). Ou seja, segundo Ausubel, para que a assimilação e a integração se processem, ocorrendo assim a designada *aprendizagem significativa*, é necessário que a estrutura cognitiva do estudante tenha ideias mais inclusivas e relacionáveis com a nova

informação; caso contrário é a *aprendizagem por rotina* que ocorre (Cachapuz et al., 2002).

Mais tarde, Ausubel e Novak desenvolveram o modelo de *aprendizagem por recepção significativa*, como alternativa ao modelo de *aprendizagem por descoberta* que, como já referimos na secção 2.1.1., predominou nas décadas de 60 e 70 e que, para além de desvalorizar os conteúdos, defendia um envolvimento dos estudantes em actividades semelhantes aos processos envolvidos no trabalho científico (Gil-Pérez, 1993). Este modelo, de fundamentos indutivistas extremos e defendendo a execução do trabalho dos estudantes de modo totalmente independente, culminou, como já referimos, em aprendizagens de baixa qualidade (Gil-Pérez, 1993). Portanto, o modelo de aprendizagem por recepção significativa foi desenvolvido com o argumento de que a maioria dos estudantes não tem a capacidade de descobrir, de forma autónoma, tudo o que deve saber, ocorrendo "… aquisições dispersas proporcionadas pelas «descobertas» ao acaso do trabalho autónomo …", daí preconizar-se a transmissão dos saberes mas conferindo-se à orientação dada pelo professor a função de "… facilitadora de uma aprendizagem significativa …" (Gil-Pérez, 1993, p.199). Este investigador refere que há estudos que mostram que o modelo de aprendizagem por recepção significativa não tem sucesso nas aprendizagens conceptuais, e que deu origem a visões deformadas do trabalho científico e a atitudes negativas face à ciência e à sua aprendizagem.

Em relação às concepções da aprendizagem de raiz cognitivista desenvolvidas na Europa, a aprendizagem é vista como uma "… reestruturação da estrutura cognitiva [do indivíduo] e o conhecimento é fruto da interacção entre as nossas ideias e a realidade exterior", concepção que é coerente com o pensamento epistemológico racionalista contemporâneo (Cachapuz et al., 2002, p. 100). Stolk et al. (2009b) consideram que Piaget é o representante da perspectiva cognitivista da aprendizagem, propriamente dita, embora outros autores (Cachapuz et al., 2002) defendam que Piaget (suíço) e Vygotsky (russo) são os precursores de uma variante do cognitivismo, o construtivismo (ainda que com ideias bastante diferentes).

Para Piaget, a aprendizagem é resultante "…das interacções pessoais dos indivíduos que aprendem com os fenómenos físicos das suas vidas diárias" (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994, p. 5) sendo vista como um "… desenvolvimento e mudança da compreensão conceptual" (Stolk et al., 2009b, p. 167) e dependente do estádio de desenvolvimento cognitivo do sujeito (Cachapuz et al.,

2002). Aquele psicólogo propôs que o desenvolvimento conceptual ocorre através de três processos: a *assimilação*, a *acomodação* e a *equilibração* (Stolk et al., 2009b). A assimilação corresponde à incorporação de um novo conceito numa estrutura de conceitos previamente existente, sem que esta estrutura seja alterada; já a acomodação exige que esta estrutura se modifique de modo a incorporar um conceito novo; a equilibração é o processo de balanceamento contínuo entre a assimilação e a acomodação, o que vai permitindo a ocorrência do desenvolvimento conceptual (Stolk et al., 2009b). Ou seja, o desenvolvimento intelectual do indivíduo resulta de um processo de adaptação gradual das suas estruturas conceptuais (mudança conceptual) a experiências mais complexas proporcionadas pelo meio exterior (a equilibração), o que acontece com a resolução da desequilibração, provocada por conflitos cognitivos, através da actividade mental do indivíduo (Driver et al., 1994).

Foi com Vygotsky (representante do construtivismo ou da perspectiva sócio-cultural da aprendizagem, consoante as visões), que as interacções sociais passaram a ser consideradas na aprendizagem, ou seja, no processo de construção e desenvolvimento das estruturas cognitivas, e o psicólogo Wallon relevou as interacções entre o adulto e a criança (Silva, 1999). De acordo com a teoria da aprendizagem de Vygotsky, uma criança aprende os processos mentais, próprios do enquadramento cultural em que está integrada, através da sua actividade no seio da sociedade, ou seja, através das interacções sociais, segundo um processo designado por *internalização* (Stolk et al., 2009b). São os membros mais competentes da comunidade que estruturam as tarefas de modo a que a criança as consiga executar (Driver et al., 1994). A *apropriação* é outro processo que ocorre na aprendizagem, que se segue à internalização, através do qual uma criança torna pessoal uma competência adquirida (Stolk et al., 2009b), ou seja, esta competência transforma-se numa ferramenta de controlo consciente pela criança (Driver et al., 1994). O estádio da aprendizagem em que o estudante já consegue fazer sozinho o que antes só fazia com o auxílio do professor é a chamada *zona de desenvolvimento próximo* (ZDP), conceito introduzido por Vygotsky (2001). Note-se que, nesta etapa, o domínio da competência ainda não está concluído, o que só acontece após a apropriação. Portanto, a aprendizagem do indivíduo é "… uma condição de desenvolvimento [das estruturas cognitivas] desde que se situe na designada *zona de desenvolvimento próximo* …", em oposição ao pensamento de Piaget, que considera que o indivíduo só aprende algo específico se já

tiver atingido determinado nível ou estádio de desenvolvimento (Cachapuz et al., 2002, p. 120).

A teoria da aprendizagem de Vygotsky foi posteriormente desenvolvida por outros investigadores, entre eles, Galperin (Arievitch & Haenen, 2005). Este psicólogo (russo), e também médico, ficou conhecido particularmente pelos seus estudos em torno da transformação da teoria sociocultural de Vygotsky para o desenvolvimento humano num modelo dos processos de ensino e de aprendizagem (Haenen, 2001). Galperin focou o seu estudo na forma como processos mentais novos são construídos pelos indivíduos a partir da internalização gradual de acções materiais, no contexto de actividades de ensino e de aprendizagem (Arievitch & Haenen, 2005). Como dizem Stolk et al. (2009b) a propósito da concepção de Galperin, "… a aprendizagem de qualquer tipo de conhecimento é o domínio gradualmente crescente de acções" (p. 168). Arievitch e Haenen (2005) apresentam em três pontos as ideias centrais em que se baseia a teoria de Galperin: (i) o ensino e a aprendizagem têm um papel orientador no desenvolvimento dos processos mentais; (ii) a internalização de acções materiais é a via para o desenvolvimento cognitivo; (iii) as ferramentas culturais e as interacções sociais são centrais no desenvolvimento. Estes investigadores notam que a abordagem de Galperin vem ao encontro de ideias recentes sobre a aprendizagem, que defendem que a aprendizagem desempenha uma função importante no desenvolvimento cognitivo das crianças, aliás, como já era apologia no pensamento de Vygotsky. O conceito de *acção* de Galperin tem sido amplamente entendido como uma tentativa consciente de modificar objectos (a conhecer), com vista à obtenção de um determinado resultado (Stolk et al., 2009b). Este conceito está relacionado com o de *bases orientadoras para uma acção*, que estes investigadores consideram ser referente a "… todo o conjunto de elementos com o qual o indivíduo em aprendizagem se orienta a ele próprio ao longo da execução de uma acção", ou seja, o esquema conceptual deste *mapa orientador* é internalizado pelo indivíduo e transforma-se num modelo mental para a orientação da acção (Stolk et al., 2009b, p. 168).

Também nos EUA as ideias de Vygotsky têm sido inspiradoras de reflexões sobre o processo da aprendizagem. Por exemplo, Bruner defende a construção do conhecimento num contexto cultural mas, ao contrário daquele psicólogo russo, considera ser um adulto a fazer a mediação dessa aprendizagem, e não os pares do indivíduo que aprende, mediação esta, com os seus domínios cognitivo, afectivo e ético, fundamental para uma verdadeira aprendizagem (Cachapuz et al., 2002). Mais

recentemente, na Europa, a perspectiva *aprendizagem situada* defende que, no essencial, "… a aprendizagem é uma função da actividade, contexto e cultura em que ocorre …", e daí a expressão *situada* (Cachapuz et al., 2002, p. 130). Stolk et al. (2009b), que utilizam as designações *cognição situada* ou *aprendizagem participatória* para aquela perspectiva, referem que os indivíduos aprendem (conhecimentos, competências, …) através de uma *participação periférica legítima*, conceito de Lave e Wenger. Aqueles investigadores explicam que, quando o indivíduo inicia uma aprendizagem, ele tem o papel de aprendiz e o professor a função de especialista; à medida que a aprendizagem prossegue, no seio de uma *comunidade de prática*, o aprendiz vai assumindo uma responsabilidade cada vez maior na sua aprendizagem, podendo dizer-se que se vai deslocando de uma posição mais periférica para uma mais central relativamente a esta responsabilidade. Ou, como esclarecem Cachapuz et al. (2002), o indivíduo aprende quando integrado em determinadas situações sociais que proporcionam a participação do estudante (*coparticipação social*) em vários níveis de aprendizagem, ocorrendo um "… processo de aculturação em sistema de valores, práticas, estilos de discurso… próprios de uma dada comunidade …" (p. 131). Portanto, as actividades cognitivas em que o indivíduo se vai envolvendo no seu percurso de aprendizagem deverão ter uma natureza cada vez mais próxima da das que os profissionais executam (Stolk et al., 2009b).

Stolk et al. (2009b) salientam que, embora as perspectivas da aprendizagem cognitiva, sócio-cultural e situada apresentem diferenças substanciais, há autores que defendem a sua complementaridade, mais do que a sua auto-exclusão. Por sua vez, Cachapuz et al. (2002) reforçam a importância das interacções entre os diversos contributos sobre a aprendizagem do período pós-Vygotsky, entre eles, os da aprendizagem situada, da metacognição e da neurobiologia.

Para além das diferentes descrições das várias concepções da aprendizagem, Lopes (2004) considera ainda que há aspectos específicos da aprendizagem da ciência que é essencial ter em conta para que o seu ensino (de física, no caso) possa ser (re)pensado de uma forma mais fundamentada. Este investigador defende que a aprendizagem conceptual "… não se restringe à aprendizagem de conceitos, entendidos estes como enunciados [de conhecimento] em linguagem natural e/ou em linguagem matemática", mas inclui outras entidades e processos, que Lopes explicitou relativamente à aprendizagem da física (Lopes, 2004, p. 85). Assim, para além da

aprendizagem de conceitos, propriamente ditos, a aprendizagem conceptual da física passa também por:

– Utilizar linguagens adequadas como ferramentas comunicacionais e para manipular os conceitos (linguagem natural, matemática, simbólica, gráfica, …);

– Construir modelos de situações físicas de modo a permitir a utilização de modelos teóricos adequados;

– Mobilizar conceitos, as suas relações, os seus usos, modelos teóricos, situações físicas, etc., pertencentes a uma estrutura articulada mas coesa, coerente e funcional (ou seja, mobilizar *campos conceptuais*);

– Formular (boas) questões relativamente às situações físicas que permitam orientar a resolução do problema;

– Delinear formas de resolver o problema, que pode incluir a planificação de experiências, em articulação com o referencial teórico;

– Fazer observações, interpretar resultados, tirar conclusões;

– Elaborar modelos explicativos, teorias ou leis.

Por outro lado, um aspecto que as perspectivas da aprendizagem de raiz cognitiva, particularmente as europeias, salientam, é que os estudantes, quando chegam à sala de aula, trazem consigo conhecimento adquirido nas suas vivências do dia-a-dia e/ou construído no ensino formal a que já tiveram acesso. Garnett, Garnett, & Hackling (1995) destacam que a investigação didáctica informa que o conhecimento do mundo privado dos estudantes – *conhecimento informal* ou *conhecimento do senso comum* – a par com um ensino que não o tem em conta, contribui para a construção, pelos estudantes, de novos significados não coerentes com os aceites pela comunidade científica. Furió, Calatayud, Bárcenas, & Padilla (2000) salientam que não é apenas o conhecimento prévio dos estudantes, mas também os modos de raciocínio característicos do pensamento do senso comum que podem explicar muitas das dificuldades de aprendizagem em domínios específicos da ciência (da química, no caso), ao constituir um obstáculo ao desenvolvimento do raciocínio "reflexivo, hipotético e fecundo", mais próximo do raciocínio científico.

Segundo Lopes (2004), o conhecimento é uma representação da realidade que é construído a partir da interacção entre o sujeito e o objecto epistémicos. O conhecimento que qualquer indivíduo adquire ao longo da vida não é só pela via académica. Desde criança, o indivíduo constrói conhecimento por força das suas vivências pessoais com o mundo material e com a sociedade, desenvolvendo

concepções próprias do mundo e formas particulares de pensar e de operar, que funcionam e fazem sentido no contexto em que vive a criança (Lopes, 2004).

Portanto, na sua actividade lectiva, o professor tem de lidar com este conhecimento do senso comum, mas muitas vezes ignora-o ou desconhece formas de o ter em conta. Neste contexto, Garnett et al. (1995) salientam o papel importante que o professor desempenha na "… facilitação do discurso social associado com a aprendizagem da ciência" (p. 72). Também Lopes (2004) defende que o professor tem uma função importante no auxílio à mobilização pelos estudantes do conhecimento por eles detido, inadequado do ponto de vista científico, e na reestruturação das suas estruturas cognitivas, sendo fundamental conhecer os saberes prévios que os estudantes trazem para a aula e saber intervir nos seus processos de aprendizagem (mediação).

A investigação sobre o pensamento do senso comum tem procurado identificá-lo e caracterizá-lo (Driver et al., 1994; Dykstra, Boyle, & Monarch, 1992; Furió et al., 2000; Lopes, 2004). Por exemplo, Driver et al. (1994) apontaram três aspectos gerais em que o pensamento do senso comum difere do pensamento científico: (i) as entidades que utilizam são, habitualmente, de natureza diferente; (ii) o pensamento do senso comum é, regra geral, subentendido, não usando regras claras, enquanto o conhecimento científico é formulado de forma explícita, de modo a poder ser apresentado e a sua validade discutida publicamente; (iii) o conhecimento informal tem utilidade prática em determinadas situações da vida das pessoas, ao passo que o empreendimento científico tem, para além disso, o propósito de construir uma "… imagem geral e coerente do mundo", pelo que procura encontrar modelos explicativos aplicados, não a situações particulares mas, a uma série de situações o mais vasta possível. Furió et al. (2000), reportando-se a diversos trabalhos de investigação, caracterizam a "metodologia do senso comum" em cinco itens: (i) não contempla a possibilidade de soluções alternativas, pelo que não apresenta dúvidas; (ii) as respostas dadas baseiam-se na "evidência do senso comum", pelo que surgem rapidamente e mostram-se muito seguras; (iii) perante diferentes situações, as respectivas análises revelam-se pouco consistentes entre si; (iv) usa um raciocínio que segue a causalidade simples; (v) ou usa uma sequência de causalidade simples.

Lopes (2004) também confronta as características do conhecimento adquirido culturalmente com as do raciocínio científico, que apresentamos na tabela 2.3. Para além dos aspectos mencionados por Driver et al. (1994) e Furió et al. (2000), Lopes

(2004) destaca outros igualmente importantes. Assim, salienta a participação dos modelos teóricos na construção do conhecimento científico, que não estão presentes na construção do conhecimento informal, contribuindo para a agregação coerente e fundamentada dos conhecimentos; na formulação do conhecimento do senso comum, a observação assume um papel fundamental, sendo aquele obtido directamente a partir das propriedades e funções da realidade (objecto, fenómeno, …) observada.

Tabela 2.3 – Confronto entre pensamento do senso comum e pensamento científico. (retirada de Lopes (2004))

Pensamento do senso comum	**Pensamento do conhecimento científico**
Os fundamentos do conhecimento são implícitos.	Os fundamentos do conhecimento são explícitos e conscientes.
As ideias são eminentemente pessoais.	As ideias para passarem a ter o estatuto de conhecimento científico carecem do escrutínio de uma comunidade científica.
Têm uma visão das situações físicas numa perspectiva local, tanto no que se refere à validade dos enunciados, como, sobretudo, na forma de ver a situação. Trata-se de um pensamento sequencial.	A perspectiva é geral, tanto no que se refere à validade dos enunciados, como à forma de ver as situações físicas.
Baseia-se numa grande quantidade de enunciados de conhecimento, mas são utilizados de forma rígida.	Baseia-se numa quantidade de enunciados de conhecimento o mais reduzida possível. Porém, são utilizados, de forma flexível, numa grande variedade de situações físicas.
Centra-se sobre objectos, suas propriedades e funções.	Centra-se sobre sistemas e suas descrições.
Há uma certa estruturação das ideias, uma certa coerência. Por isso é que as concepções têm tendência a resistir ao ensino formal.	A estruturação e coerência estão sempre presentes e consubstanciadas num modelo teórico e, logo que possível, numa teoria mais geral.
Há pouca mediação entre as ideias e as situações físicas. Daí que a observação seja *naif* e uma fonte directa de conhecimento.	A ligação entre o conhecimento e as situações físicas é sempre mediada através de modelos (teóricos e das próprias situações físicas).

Lopes (2004) reforça a importância de o ensino ter em conta que, durante os processos de ensino e de aprendizagem, os estudantes reconstroem e apropriam os conhecimentos que são ensinados, modificando-os em maior ou menos extensão, em que o erro é tido como um elemento desencadeador de aprendizagem. O ensino deve, ainda, ser orientado de modo a promover o desenvolvimento de uma forma de pensamento que se aproxime do raciocínio científico, ou seja, relevando-se a participação de modelos teóricos e teorias (Lopes, 2004). Também Furió et al. (2000)

consideram ser importante que o ensino da ciência use, como estratégia para o desenvolvimento cognitivo, a participação dos estudantes nos processos da construção do conhecimento, integrados em temas concretos.

*
* *

Pelo que ficou exposto nesta secção, destacamos os aspectos que foram tidos em consideração na fundamentação psicológica deste trabalho de investigação, que teve em conta a perspectiva sócio-constructivista da aprendizagem, em contexto educativo:

– Na construção dos conhecimentos científicos, os estudantes constroem significados através de processos cognitivos da mente, ou seja, através da integração e alteração das estruturas mentais do indivíduo (estruturas conceptuais e operatórias);

– Os processos que ocorrem na mente do indivíduo que aprende dependem dos conhecimentos e de formas de raciocínio do senso comum detidos pelos estudantes quando acedem ao ensino formal, das especificidades da aprendizagem de conceitos científicos (de química, no caso), …;

– Durante a aprendizagem dos estudantes o professor deve ajudar os estudantes a acederem aos seus conhecimentos prévios e a assimilarem e integrarem os novos conceitos, alterando as estruturas conceptual e cognitiva da mente.

Os fundamentos aqui apresentados pretenderam clarificar as opções tomadas neste trabalho de investigação, em particular, no que respeita à consideração dos conhecimentos prévios dos estudantes, tidos em conta (i) na concepção das tarefas e (ii) na acção do professor na sala de aula. Ou seja, valorizou-se a problematização e a resolução de problemas pelos estudantes, como forma de promover a autonomização das suas aprendizagens, e relevou-se a mediação do professor, apelando às concepções prévias e fazendo um trabalho com aqueles numa perspectiva de evolução conceptual, procurando trabalhar na sua ZDP.

2.1.3. Fundamentação com base em algumas linhas de investigação da Didáctica das Ciências

Na introdução da secção 2.1., dos fundamentos gerais, apresentámos, de forma breve, a evolução da didáctica das ciências no sentido de dar respostas aos problemas específicos do ensino e da aprendizagem da ciência. Actualmente, a didáctica das ciências é um domínio científico ainda em consolidação, que precisa do desenvolvimento de um corpo teórico que integre coerentemente os conhecimentos de várias áreas do saber (Cachapuz et al., 2001), ou seja, de uma "… metateoria que dê sentido, unidade e coerência …" ao conjunto de informações sobre "… como se aprende …", como podem os "… professores orientar adequadamente o seu ensino …" para melhorar as aprendizagens dos estudantes e que "… sirva de quadro teórico de referências para o desenvolvimento da investigação" (Cachapuz et al., 2002, p. 102). Na secção 2.1.1. apresentámos os contributos das perspectivas epistemológicas mais recentes para a didáctica das ciências, ou seja, no quadro social-construtivista. Na secção 2.1.2. apresentámos os contributos das teorias da psicologia da aprendizagem coerentes com as perspectivas da epistemologia.

Do que ficou exposto nas secções 2.1.1. e 2.1.2. sobre os fundamentos epistemológicos e psicológicos do nosso quadro teórico de referência, espera-se ter contribuído para a clarificação das opções didácticas tomadas no âmbito do trabalho de investigação desenvolvido. No entanto, tal como já foi discutido a propósito do desenvolvimento e consolidação da didáctica das ciências, é fundamental que se integrem os resultados de várias linhas de investigação na didáctica, neste caso, coerentes com a proposta e as questões de investigação deste trabalho.

Muitos resultados da investigação didáctica haveria para apresentar e discutir, já que o nosso trabalho investigativo se desenrola no âmbito do desenvolvimento curricular e o nosso enquadramento teórico tem um cariz holístico. No entanto, vamos destacar apenas aqueles a que foi dado um papel central na concepção e gestão do currículo, isto é, sobre concepções alternativas em ciência (2.1.3.1.), sequências de ensino e de aprendizagem (2.1.3.2.), trabalho laboratorial (2.1.3.3.), mediação do professor na sala de aula (2.1.3.4.) e desenvolvimento profissional (2.1.3.5.).

2.1.3.1. Concepções alternativas em ciência

Na secção 2.1.2. dos fundamentos psicológicos já falámos do conhecimento do senso comum como sendo aquele que o indivíduo constrói através das suas interacções com o mundo material que o envolve. No entanto, há outros saberes que "… incorporam apropriações, mais ou menos adequadas, do conhecimento científico ou suas visões alternativas…" e que parecem funcionar no mundo do estudante (Lopes, 2004, p. 87). Estas ideias prévias dos estudantes são designadas de *concepções alternativas* (CA), conceito introduzido por Gilbert em 1983 (Garnett et al., 1995), e estão incluídas nos seus saberes disponíveis, que contemplam ainda termos comuns usados no contexto da vida diária (com ou sem significado em contexto científico, portanto, com uma relação a considerar com os seus contextos de uso), procedimentos e competências (Lopes, 2004). Estas concepções permanecem praticamente inalteradas após a implementação de estratégias de ensino concebidas para que os estudantes as explicitem e as modifiquem até que sejam coincidentes com os conhecimentos aceites pela comunidade científica (Garnett et al., 1995).

Na década de 70 do século XX surgiu o movimento investigativo das concepções alternativas (MCA), que teve um franco desenvolvimento nos trinta anos seguintes. A investigação nesta área é bastante vasta, tendo sido identificadas concepções alternativas relativas a muitos conceitos de várias áreas científicas (física, química, biologia, geologia, …) detidas por estudantes de diferentes níveis do ensino e de diversas nacionalidades. Assim, a título ilustrativo, indicamos alguns trabalhos na área da química (e. g. Bergquist & Heikkinen, 1990; Cros et al., 1986; Gabel, Samuel, & Hunn, 1987; Novick & Nussbaum, 1981; Ogude & Bradley, 1994; Peterson, Treagust, & Garnett, 1989).

• Características, origens e implicações no ensino e na aprendizagem

Uma das características das CA, já referida acima, é a sua persistência, mesmo após o ensino formal, isto é, são:

(i) "Esquemas resistentes à mudança"; e

(ii) "Esquemas que perduram para além da aprendizagem formal" (Santos, 1991, p. 113).

Mas esta investigadora apresenta ainda outras características comuns a diferentes CA:

(iii) as CA têm uma "Natureza eminentemente pessoal", pois são construídas de acordo com a forma como cada indivíduo vê o mundo;

(iv) apresentam "Paralelismo com modelos históricos da ciência", isto é, os estudantes apresentam CA que correspondem a modelos que já foram aceites pela ciência, mas que estão actualmente modificados ou até refutados;

(v) têm uma "Natureza estruturada";

(vi) são "Esquemas dotados de certa coerência interna";

(vii) são "Esquemas pouco consistentes" (Santos, 1991, p. 111).

O facto de as CA serem "… estruturadas, pois, progressivamente … ganham um estatuto geral e complexo e correspondem … a sistemas representacionais" e de serem consideradas "… esquemas … sensatos e úteis para as pessoas que os utilizam" são razões que tornam as CA resistentes à mudança (Lopes, 2004, p. 92). Apesar destas características, as CA correspondem a ideias contraditórias, uma vez que não são coerentes com o pensamento científico (Lopes, 2004).

Martins (2006), reportando-se ao trabalho de Marín, Benarroch, & Jiménez-Gómez (2000), acrescenta ainda que as CA:

(viii) "São influenciadas pela linguagem quotidiana";

(ix) "… muitas das concepções são compartilhadas por pessoas de diferentes idades e culturas" (p. 6). Esta ideia refere-se ao desenvolvimento das ideias dos estudantes, num conteúdo específico de uma dada área científica, que apresenta muitos aspectos comuns, independentemente dos sistemas educativos e culturas, e que Driver designou de "trajectórias conceptuais" (Garnett et al., 1995).

Como já foi discutido na secção 2.1.2., dos fundamentos psicológicos, os significados novos que os estudantes constroem durante o ensino formal baseiam-se no conhecimento do senso comum, adquirido culturalmente. Contudo, há diversos estudos que apontam factores de outra natureza como estando na origem da construção de muitas CA.

Por exemplo, Gilbert, Osborne, & Fensham (1982) apontaram que o *uso de linguagem do dia-a-dia em contexto de ensino da ciência* é uma fonte potencial de CA dos estudantes, na medida em que os estudantes confundem a interpretação da linguagem do dia-a-dia com a da linguagem específica da ciência. Os investigadores Garnett et al. (1995) consideram que "… a linguagem cria esquemas mentais

diferentes em pessoas diferentes", pelo que é necessário que os professores usem termos e expressões que não sejam ambíguos e que se apliquem rigorosamente aos sistemas em consideração (p. 88). Bodner (1991) aponta, como outra razão, as descrições limitadas ou enganadoras que os professores podem fazer quando tentam simplificar conceitos, ou seja, a *simplificação excessiva de conceitos e o uso de afirmações gerais, sem referência aos seus limites de aplicação*. Este investigador salientou a importância de os professores apresentarem, de modo explícito, os limites ou pressupostos aplicados nesses casos. Garnett, Garnett, & Treagust (1990) salientam ainda outros factores para a origem de dificuldades de aprendizagem nos estudantes: a *compartimentação dos conhecimentos por áreas científicas*; a *detenção de conhecimentos prévios inadequados*; o *uso de múltiplas definições e modelos*; a *aplicação rotineira de conceitos e de algoritmos*. White e Gunstone (1989) defendem a utilização de estratégias que promovam a compreensão dos conceitos pelos estudantes, em detrimento de se enfatizar o uso mecanizado de algoritmos, ou seja, a aprendizagem rotineira. No seu trabalho, aqueles investigadores fazem uso de estratégias metacognitivas, isto é, estratégias que permitem o controlo consciente pelos estudantes da sua própria aprendizagem (embora no quadro da mudança conceptual).

Os autores Garnett et al. (1990) também referem as interpretações diversas da linguagem pelos estudantes, quando em contextos diferentes. Esta perspectiva é também defendida por Gussarsky e Gorodetsky (1990). A dificuldade dos estudantes em visualizarem a *natureza corpuscular/submicroscópica da matéria* é outro dos principais aspectos responsáveis pela compreensão conceptual deficiente em química, devido à sua base abstracta, inobservável e corpuscular (Garnett et al., 1995). Outro argumento para esta dificuldade é o apresentado por Johnstone, que invoca as dificuldades para os estudantes em transitar entre os três níveis de pensamento, o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico, operação que os professores de química fazem com facilidade e rapidez (Garnett et al., 1995). O trabalho de Gabel et al. (1987), por exemplo, propõe o uso de representações esquemáticas de transformações físicas e de transformações químicas como forma de melhorar a compreensão dos estudantes (neste caso, futuros professores) acerca da natureza corpuscular da matéria.

Garnett et al. (1995), apoiando-se numa larga revisão da literatura, resumem a quatro as origens de muitas das concepções alternativas detidas pelos estudantes:

algumas decisões curriculares, várias práticas de ensino, o uso impreciso da linguagem e a natureza abstracta e simbólica de muitos conceitos químicos. Estes investigadores têm a convicção de que, com um ensino que tenha em conta estes factores, a aprendizagem dos estudantes pode ser melhorada.

• Concepções alternativas dos estudantes em química

Griffiths (1994) e Garnett et al. (1995) fizeram extensas revisões da literatura sobre CA sobre tópicos de química em professores e estudantes dos últimos anos do ensino secundário e dos primeiros anos do ensino superior. As CA identificadas na literatura são numerosas, pelo que não vamos apresentar as CA, mas sim os tópicos principais de química em que aquelas estão agrupadas, de acordo com as designações usadas por aqueles investigadores e indicamos igualmente vários exemplos de estudos em que se basearam para os seus trabalhos de revisão. Assim, na tabela 2.4 apresentamos alguns tópicos de química onde são detectadas múltiplas CA e damos vários exemplos de estudos que as documentam.

Tabela 2.4 – Tópicos de química onde existem concepções alternativas (CA) e exemplos de estudos que as documentam. (Baseada em Griffiths (1994) e Garnett et al. (1995)).

Tópicos de química com CA	Estudos sobre CA
Natureza corpuscular da matéria	Cros et al. (1986) Gabel et al. (1987) Novick e Nussbaum (1978, 1981) Griffiths e Preston (1992)
Ligações covalentes, moléculas e forças intermoleculares	Peterson e Treagust (1989) Peterson, Treagust e Garnett (1989) Schmidt (1992)
Equações químicas	Niaz e Lawson (1985) Schmidt (1990, 1994)

Equilíbrio químico	Banerjee (1991) Bergquist e Heikkinen (1990) Wheeler e Kass (1978) Hackling e Garnett (1985)
Ácidos e bases	Cros, Chastrette, & Fayol (1988) Cros et al. (1986) Ross e Munby (1991)
Oxidação-redução e Electroquímica	Garnett e Treagust (1992a) Garnett e Treagust (1992b) Ogude e Bradley (1994)

Actualmente, ainda continuam a realizar-se estudos em torno das CA, embora com menor incidência. É o caso dos trabalhos, na área da química, de Cheung (2009), Kruse e Roehrig (2005), Mulford e Robinson (2002), Pedrosa e Dias (2000), Pinarbasi, Sozbilir, & Canpolat (2009), Raviolo e Garritz (2009), Schmidt, Kaufmann, & Treagust (2009), Tan, Goh, Chia, & Treagust (2002), entre outros. Estas investigações centram-se principalmente na identificação de CA, tanto em estudantes de diversos níveis de ensino, como em futuros professores ou já com experiência profissional, sobre diversos conceitos de química (equilíbrio químico, propriedades coligativas, pontos de ebulição, forças intermoleculares, e outros do âmbito de química introdutória, ou ainda do âmbito de análise qualitativa em química inorgânica). No entanto, alguns deles também desenvolvem os instrumentos usados no diagnóstico das CA, enquanto outros focam-se na análise das analogias propostas e/ou usadas no ensino e da linguagem usada em livros de texto e da sua relação com CA nos estudantes.

Cobern (1996) destaca a necessidade de se levar em conta as visões do mundo, com as suas múltiplas componentes culturais (religião, género, etnia, ideologia), que os estudantes trazem para a sala de aula, para que estes atribuam mais sentido aos novos conceitos científicos, notando que o "Construtivismo sugere que os conceitos *conhecimento* e *crença* não estão separados de forma estrita …" (p. 591) e que esta ideia pode contribuir para a compreensão de como as visões do mundo interferem no desenvolvimento conceptual. Lopes (2004) salienta que a investigação didáctica mais recente aponta para a necessidade de, durante o ensino e a aprendizagem da ciência, se ter em conta "… todo o tipo de saberes (competências,

destrezas, conhecimentos, etc.) que os alunos têm disponíveis …" (p. 88), sendo o conhecimento das CA detidas pelos estudantes uma orientação importante para o ensino, pois, como afirmam Garnett et al. (1995), estas concepções podem influenciar a aprendizagem subsequente. Outro resultado importante da investigação didáctica indica que "… o ensino formal … assente no modelo transmissivo do conhecimento, não consegue superar as concepções dos alunos" (Lopes, 2004, p. 92). Garnett et al. (1995) consideram que é importante uma participação activa do professor na ajuda aos estudantes na construção de aprendizagens com significado, perspectiva coerente com o construtivismo social. Estes investigadores referem três aspectos essenciais do papel do professor na sala da aula, apontados inicialmente por Driver et al. (1994): ensino, diagnóstico e intervenção. E sugerem que a prática lectiva deve destacar mais a:

– Discussão sobre as concepções dos estudantes e as concepções da comunidade científica;

– Identificação das CA detidas pelos estudantes e o uso de estratégias de ensino adequadas, ou seja, que as contemplem;

– Promoção da reflexão dos estudantes sobre as suas aprendizagens;

– Disponibilização de experiências de aprendizagem em química aos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico.

Do que ficou exposto anteriormente, parece inquestionável que a investigação em concepções alternativas esclarece aspectos do ensino e da aprendizagem dos conceitos científicos pelos estudantes e que é necessário desenvolver abordagens de ensino que tenham em conta esses resultados como via para melhores aprendizagens. Apesar da informação disponível no quadro do MCA, não se produziram muitas publicações com relatos da utilização da investigação em concepções alternativas no desenvolvimento de abordagens curriculares em ciência (Garnett et al., 1995), embora possamos referir algumas (e.g. Nussbaum & Novick, 1982; Webb, 1992).

2.1.3.2. Sequências de ensino e de aprendizagem

As dificuldades de aprendizagem dos estudantes em ciência e formas de as ultrapassar ou minimizar são preocupações que têm ocupado muitos investigadores

nas últimas décadas (Méheut & Psillos, 2004). Referimos atrás que, apesar de já existir, em algumas áreas da ciência e da investigação didáctica, informação suficiente para fornecer uma orientação aos professores e/ou investigadores sobre o desenvolvimento de abordagens curriculares em ciência (por exemplo, relacionadas com concepções alternativas), elaboraram-se poucos relatos de abordagens de ensino que tivessem em conta os resultados desta investigação (Garnett et al., 1995). No entanto, a contrariar esta tendência têm surgido, nas últimas duas décadas, estudos com esta preocupação.

Uma orientação possível para estas abordagens de ensino relaciona-se com as designadas *sequências de ensino e de aprendizagem*, assim denominadas desde 2000, no decorrer de um simpósio internacional (Méheut & Psillos, 2004). Estas abordagens inserem-se numa corrente de investigação que tem estudado o desenho, a implementação e a validação de determinadas sequências de ensino, inspiradas na investigação e orientadas para um tópico do conhecimento. Méheut e Psillos (2004) destacam que a característica mais importante das sequências de ensino e de aprendizagem se refere ao facto da investigação as conceber e desenvolver segundo uma perspectiva metodológica de investigação-acção, em que aquelas servem simultaneamente como inovações curriculares e como ferramentas de investigação, dirigindo-se a problemas de aprendizagem específicos de um tópico particular de ensino. Podemos referir alguns exemplos de estudos nesta linha: Webb (1992), Dekkers e Thijs (1998), Psillos e Kariotoglou (1999), Koliopoulos e Ravanis (2000), Martín e Solbes (2001), Saari e Viiri (2003), Cravino e Lopes (2003), Komorek e Duit (2004), Buty e Tiberghien (2004), Kabapinar, Leach, & Scott (2004), Hubber (2006). Estes investigadores preocuparam-se com as dificuldades conceptuais em tópicos de química, de física ou de matemática (fluidos, energia, sistemas não lineares, átomos, moléculas, condutividade, solubilidade, …) de diversos níveis de ensino (básico, secundário ou universitário) de estudantes ou professores de diferentes áreas do globo (África do Sul, América Central, Europa, Austrália, …). Os seus estudos centraram-se na concepção e implementação de abordagens de ensino, que tiveram em conta as dificuldades de aprendizagem em conceitos específicos de ciência, e foram organizadas em termos de sequências de actividades para os estudantes, de modo a promover a compreensão dos conceitos de acordo com as concepções aceites pela comunidade científica.

Méheut e Psillos (2004) analisaram numerosos estudos sobre sequências de ensino e de aprendizagem efectuados desde o início dos anos oitenta do século XX, sob o ponto de vista do seu desenho e da sua validação, o que lhes permitiu identificar várias tendências seguidas naquela linha de investigação. Um dos traços identificados é a de que a literatura analisada segue a tendência da didáctica das ciências em investigar o ensino e a aprendizagem a um nível *micro* ou *meso*, em vez de a um nível *macro*, de um currículo (usando a terminologia de Kariotoglou e Tselfes, isto é, se a sequência é concebida para implementar num momento único de ensino, ao longo do ensino de um tópico, ou em todo um currículo, respectivamente) (Méheut & Psillos, 2004).

Uma sequência de ensino e de aprendizagem que pode constituir um exemplo situado ao nível micro de um currículo é a concebida e avaliada por Saari e Viiri (2003), que se preocuparam com a aprendizagem da modelização a propósito do estudo das mudanças de estado da matéria por estudantes de ciência do nível 7.

No caso de Koliopoulos e Ravanis (2000), estes investigadores defendem que os princípios construtivistas podem ser aplicados de maneira a que seja possível a apropriação de um elevado número de conhecimentos relacionados entre si, ou seja, à escala de um currículo (macro). Para suportar esta ideia, estes autores integraram os princípios construtivistas na abordagem dos conteúdos, na organização e nas actividades didácticas de um currículo ao nível do ensino secundário, no domínio da física. Fundamentaram a construção do currículo do ponto de vista epistemológico, isto é, tiveram em conta a construção (histórica) do conceito de energia, o seu significado científico actual e a sua aplicação; do ponto de vista psicológico tiveram em conta as representações prévias do conceito energia. Assim, para a aprendizagem do conceito de energia e de outros com ele relacionados, Koliopoulos e Ravanis (2000):

– Fixaram objectivos didácticos específicos, em termos da natureza, organização e campo de aplicação fenomenológico do conceito de energia;

– Tiveram em linha de conta os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do conceito em causa;

– Promoveram a mobilização nos estudantes dos seus conhecimentos prévios (ou a construção de determinados conhecimentos) e, a partir destes conhecimentos e da implementação de uma sequência de actividades de ensino, promoveram a construção progressiva de uma concepção energética cada vez mais próxima da aceite pela comunidade científica, ou seja, havendo lugar a uma evolução conceptual;

– Procuraram conferir ao conceito de energia um carácter coeso e coerente durante a sua aplicação, diferenciando e unificando simultaneamente os conceitos energéticos, ou seja, salientando as características específicas de cada conceito consoante o seu contexto de aplicação mas articulando-os e integrando-os num todo coerente e com sentido;

– Fizeram um alargamento progressivo do campo de aplicação do conceito de energia, a fim de consolidar as novas representações conceptuais.

Estas linhas orientadoras foram operacionalizadas em termos da sequência de actividades de ensino referida acima. Para a elaboração desta sequência, Koliopoulos e Ravanis (2000) trataram dos conteúdos e da organização conceptuais, e ainda do campo de aplicação fenomenológico do conceito de energia. Os conteúdos conceptuais foram seleccionados a partir da escolha do modelo teórico a ensinar. Para a organização conceptual dos conteúdos, foi elaborada uma sequência de temas, que, a propósito de determinados fenómenos físicos, proporcionasse a introdução do conceito de energia apelando aos conhecimentos prévios dos estudantes. Além disso, a organização conceptual dos conteúdos compreendeu também a elaboração de uma sequência de abordagens de ensino interligadas com a sequência temática. O campo de aplicação fenomenológico surge não só como um suporte exemplificativo em termos de fenómenos físicos que envolvem os conceitos em causa, mas como um aspecto intimamente ligado às características conceptuais do modelo teórico (Koliopoulos & Ravanis, 2000).

Também Martín e Solbes (2001) propuseram um programa de actividades para a introdução do conceito de campo no ensino. Segundo estes autores, a detecção de dificuldades de aprendizagem do conceito de campo são interpretadas como sendo uma consequência de um tratamento didáctico deficiente e confuso e defendem que, modificando a forma de apresentar a teoria de campos (no caso), tendo em conta os conteúdos, a metodologia e os contributos de estudos epistemológicos e da didáctica das ciências, podem superar-se mais facilmente as dificuldades assinaladas. Portanto, Martín e Solbes (2001) apresentaram uma proposta para introduzir o conceito de campo no ensino secundário e nos primeiros anos do ensino superior, que se baseia no desenho e na implementação na sala de aula de novos programas de actividades. A concepção destes seguiu as duas linhas gerais de orientação:

– A proposta didáctica fundamentou-se em princípios construtivistas, em que se concebe a aprendizagem como uma construção de conhecimentos por parte dos

estudantes com as características de uma investigação dirigida por um especialista, o professor;

– Tiveram-se em conta os resultados de investigação didáctica sobre aspectos como a resolução de problemas, os trabalhos práticos, a avaliação de conhecimentos, as interacções ciência-tecnologia-sociedade, trabalhos sobre as ideias prévias dos estudantes relativamente ao conceito em causa (o de campo) e igualmente sobre propostas de sequências de ensino.

A concepção das actividades, a serem executadas sequencialmente pelos estudantes e acompanhadas de comentários para o professor (explicativos dos objectivos e das dificuldades que cada uma das actividades apresenta, das respostas mais habituais dos estudantes, da informação que se pode acrescentar nas exposições que o professor faz, …), contemplou (Martín & Solbes, 2001):

– A introdução precoce do conceito de campo, a realização de discussões qualitativas em contextos físicos simples e a introdução das relações ciência-tecnologia-sociedade; neste ponto, foram escolhidas situações físicas inseridas em problemáticas familiares e de interesse para os estudantes;

– A apresentação do conceito campo em termos clarificadores, estabelecendo as suas relações, as suas diferenças relativamente a outros conceitos e os seus âmbitos de aplicação;

– Para o programa destinado ao nível pertencente ao ensino superior, foi ainda aprofundada a abordagem quantitativa da problemática escolhida e incluída uma abordagem histórica acerca dos problemas e limitações de certos conceitos e as vantagens da introdução do de campo;

– O trabalho dos estudantes foi organizado em pequenos grupos, em que as actividades eram primeiro resolvidas individualmente e só depois havia partilha de opiniões e discussão entre pares; ou então os estudantes trabalhavam primeiro em pequeno grupo e depois a discussão era alargada à turma (grande grupo).

Komorek e Duit (2004) deram também um contributo muito interessante em termos de sequências de ensino e de aprendizagem à escala curricular. Curiosamente, a propósito de conteúdos científicos que, pelo seu grau de abstracção, constituem um grande desafio educacional: é o caso do estudo de sistemas não-lineares, que se tem tornado uma área importante de investigação em ciência, bem como em domínios não científicos (Komorek & Duit, 2004). Do ponto de vista educacional, este novo domínio científico parece dar um contributo importante para a literacia científica e para a

compreensão geral da ciência, pois lidar com aspectos centrais de sistemas não-lineares permite o desenvolvimento de visões do mundo mais adequadas, no geral, e visões mais relevantes da natureza da ciência, em particular (Komorek & Duit, 2004). O trabalho desenvolvido por estes autores baseia-se no *modelo de reconstrução educacional*, proposto por Kattmann, Duit, Gropengieber e Komorek, que liga fortemente a análise da estrutura dos conteúdos científicos, a análise do significado educacional desses conteúdos, a investigação sobre os processos de ensino e de aprendizagem e o desenvolvimento do ensino em termos piloto. Este modelo baseia-se numa perspectiva epistemológica de índole construtivista: (i) o processo de aquisição de conhecimentos é visto como um processo de construção activa do indivíduo, que se encontra num certo cenário social e material e (ii) o conhecimento científico é visto como uma construção humana provisória.

Segundo Komorek e Duit (2004), o modelo tem três componentes:

– A estrutura dos conteúdos é analisada a partir do ponto de vista científico e do conjunto de objectivos educacionais. A análise educacional inclui estudos que permitem avaliar de que forma o conteúdo a ser ensinado está ligado a outros tópicos de leccionação, até que ponto ou em que extensão este serve como exemplo para outros conteúdos e qual o seu significado actual e futuro para os estudantes e a sociedade. Esta análise define a construção do cerne de ideias dos conteúdos abordados.

– Consideração de estudos empíricos sobre o ensino e a aprendizagem.

– É desenvolvido e avaliado o ensino (inicialmente, o ensino piloto).

Uma característica especial deste modelo reside no facto do conhecimento adquirido numa das componentes influenciar as actividades e as interpretações dos resultados das outras componentes (Komorek & Duit, 2004). Por exemplo, os resultados da análise da estrutura dos conteúdos (que relaciona a clarificação dos conceitos nucleares e a análise do significado educacional) bem como as ideias preliminares da construção do ensino desempenham um papel importante no planeamento de estudos empíricos sobre o ensino e a aprendizagem. Por outro lado, os resultados dos estudos empíricos influenciam, detalhadamente, os processos de análise de estrutura de conteúdos, de análise educacional e até o conjunto de objectivos. Segundo Komorek e Duit (2004), este processo é muito pouco usual na investigação em educação, enquadrando-se na situação em que a estrutura de um conteúdo a ensinar tem de ser desenvolvida de acordo as concepções prévias dos

estudantes e os seus percursos de aprendizagem. A estrutura dos conteúdos científicos e as concepções e esquemas de interpretação dos estudantes são vistas como sendo parâmetros igualmente importantes no processo de reconstrução educacional e são necessárias para alcançar os objectivos do ensino da ciência (Komorek & Duit, 2004).

Komorek e Duit (2004) utilizam o método *experiência de ensino*, desenvolvido por outros investigadores, que se baseia na discussão com os estudantes de vários fenómenos e experiências, em que o professor/investigador procura interpretar as estruturas conceptuais dos estudantes através da entrevista e intervir adequadamente, e no momento certo, face às concepções detectadas. Para implementar a experiência de ensino, Komorek e Duit (2004) propõem a elaboração de uma sequência de actividades de ensino e de aprendizagem, a ser desenvolvida de acordo com o modelo de reconstrução educacional, com as suas três componentes. Ou seja, assim que o estudante é colocado perante uma experiência ou um objecto, desencadeia-se uma etapa (1) em que se pretende obter as suas previsões e as suas explicações para essas previsões. Na etapa 2, a experiência ou objecto entretanto observado é descrito e depois explicado, podendo haver repetições do evento. Segue-se a etapa da generalização, que compreende duas fases. Na fase I da generalização (etapa 3), o estudante deve apresentar explicações globais e particulares, após várias repetições do evento, fazendo raciocínios analógicos com outras experiências ou objectos. Finalmente, na fase II da generalização (etapa 4), o estudante deverá construir conceitos indo ao encontro dos coerentes com as visões científicas e sendo questionado acerca das suas alterações da visão acerca da área científica em questão (no caso, a física). Todas estas etapas/fases são desencadeadas e desenvolvidas pela colocação de perguntas pelo professor, enquadrando-se as etapas 1 e 2 no procedimento designado de Previsão-Observação-Explicação de White e Gunstone (Komorek & Duit, 2004).

Os estudos apresentados são exemplos de investigações sobre o desenho de sequências de ensino e de aprendizagem que se enquadram na perspectiva que congrega as visões *psico-cognitiva* e a *epistemológica*: a do *construtivismo integrado* (Méheut & Psillos, 2004). Ou seja, considera-se "… o estado cognitivo inicial dos estudantes …" caracterizado de acordo com o estado actual da investigação e " … o estado cognitivo final desejado definido de acordo com o conhecimento científico, que é transformado de modo a adaptar-se ao pensamento dos estudantes" (Méheut & Psillos, 2004, p. 521). Ou seja, dá-se relevância aos conhecimentos prévios do

estudante e ao seu modo de pensamento de senso comum, bem como à análise do conhecimento científico a ensinar e às suas relações (Méheut & Psillos, 2004). No entanto, aqueles investigadores notaram que a maioria dos estudos, anteriores ou mais recentes, não dão relevância especial ao professor, embora destaquem que já há estudos que advogam esta atenção. É o caso do estudo de Weil-Barais e Dumas-Carré (1998), que se refere ao professor como o intermediário entre os conhecimentos e as práticas científicas e os estudantes, ou seja, é o mediador das mudanças cognitivas dos estudantes. Também Leach e Scott (2002) defendem que os resultados de aprendizagem obtidos com a implementação de sequências de ensino são indissociáveis da forma como o professor as apresenta aos estudantes e as medeia, através da linguagem e do discurso que usa e do clima da sala de aula que é gerado.

2.1.3.3. Trabalho laboratorial

Nesta secção, vamos abordar aspectos que consideramos importantes relativamente ao trabalho laboratorial no ensino da ciência e que apresentamos em quatro itens: breve resenha histórica do trabalho laboratorial; objectivos do trabalho laboratorial; objectivos alcançados com o trabalho laboratorial versus objectivos pretendidos; repensar o trabalho laboratorial.

Antes de mais, consideramos importante clarificar a concepção adoptada para o termo *trabalho laboratorial*, bem como para expressões relacionadas e/ou a usar posteriormente, como é o caso de *trabalho prático, trabalho de campo* e *trabalho experimental*.

Leite (2001) adopta as noções de Hodson para aqueles termos, que constam numa publicação de 1988. Assim, Leite (2001) considera que:

> "Trabalho prático" é o conceito mais geral e inclui todas as actividades que exigem que o aluno esteja activamente envolvido. … o trabalho prático pode incluir actividades laboratoriais, trabalhos de campo, actividades de resolução de exercícios ou de problemas de papel e lápis, utilização de um programa

informático de simulação, pesquisa de informação na internet, realização de entrevistas a membros da comunidade, etc.

"Trabalho laboratorial" … inclui actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório (mais ou menos convencionais). Apesar de estes materiais também poderem ser usados nas actividades de campo, as actividades laboratoriais realizam-se num laboratório ou, à falta deste (e desde que não haja problemas de segurança), numa sala normal, enquanto que as actividades de campo têm lugar ao ar livre, no local onde os fenómenos acontecem ou os materiais existem.

O "Trabalho experimental" inclui actividades que envolvem controlo e manipulação de variáveis e que podem ser laboratoriais …, de campo …, ou outro tipo de actividades práticas …

Por outro lado, combinando os dois critérios acima referidos [de distinção do trabalho experimental do não experimental e de distinção do trabalho laboratorial do de campo] obtêm-se, por exemplo, as actividades laboratorial de tipo experimental, … (p. 78).

No caso da nossa investigação, adoptamos os conceitos de trabalho prático, de trabalho experimental e de trabalho laboratorial (independentemente deste ser ou não experimental) de Leite (2001).

Breve resenha histórica do trabalho laboratorial

O primeiro laboratório de ensino em química foi criado em 1807 na Universidade de Edimburgo, na Grã-Bretanha, e em 1824, na Universidade de Giessen, surgiu o primeiro laboratório institucional (Reid & Shah, 2007). Neste, segundo Morrell, os estudantes eram treinados, por meio de investigação experimental sistemática, para se tornarem membros de uma escola de investigação altamente qualificada (Reid & Shah, 2007). No final do século XIX, as escolas começaram a ensinar ciência de forma sistemática, e foi então que o laboratório assumiu um papel essencial na educação em

ciência (Hofstein, 2004). A partir daquela altura, o treino de competências laboratoriais no ensino de química foi-se tornando uma realidade nas universidades de toda a Europa e da América do Norte, embora sob a forma de confirmação da teoria previamente ensinada (Reid & Shah, 2007).

O trabalho laboratorial foi-se estendendo aos níveis de ensino não universitários, mas a realização das actividades pelos estudantes foi substituída por demonstrações executadas pelo professor, sob as alegações, na perspectiva de Hodson, de que se gastava muito tempo e que esse trabalho se afastava dos interesses e vivências dos estudantes (Reid & Shah, 2007). No início dos anos sessenta, durante profundas reformas curriculares no ensino da ciência, o trabalho laboratorial era usado como via para o envolvimento dos estudantes em processos de investigação e actividades de resolução de problemas, considerando-se mesmo o laboratório como "… o centro do ensino e aprendizagem da ciência" (Hofstein, 2004, p. 248).

No entanto, a partir de meados dos anos trinta, começaram a ser questionados os contributos efectivos das práticas laboratoriais no ensino e, portanto, o seu lugar no ensino em geral (Reid & Shah, 2007). Reid e Shah (2007), suportando-se em variados estudos, referem por exemplo que: (i) os estudantes começaram a executar essas actividades de modo a obter os resultados esperados, em vez de observarem o que realmente estava a ocorrer; (ii) os estudantes universitários têm reacções muitas vezes negativas do trabalho laboratorial e isso pode reflectir a sua percepção de que não existe um propósito claro para aquelas actividades; (iii) os programas de laboratório são muito dispendiosos, no que respeita a instalações e materiais, mas também em termos da carga horária elevada que exige das pessoas responsáveis por esses programas.

Também Hawkes (2004) questiona o papel do laboratório em muitos cursos superiores de química. Este investigador diz mesmo que "As aulas de laboratório não ajudam os estudantes a compreender como é que os princípios químicos afectam o seu universo" (Hawkes, 2004, p. 1257). Referindo um trabalho de revisão de McKeachie sobre aulas de laboratório em ciência, Hawkes (2004) salienta que as aprendizagens obtidas sobre informações, aplicações práticas, atitudes científicas ou execução laboratorial, não diferem muito daquelas que se atingem quando se recorre ao trabalho de laboratório. A sua convicção é que alguns benefícios conseguidos com as actividades laboratoriais também se atingem com simulações computacionais.

Portanto, devem encontrar-se evidências relevantes de que o tempo e os recursos gastos nas aulas de laboratório, bem como as oportunidades que se perdem de ensinar outros conteúdos, para além do desagrado dos estudantes relativamente às exigências do ensino laboratorial, são compensados pelos benefícios que o trabalho laboratorial traz (Hawkes, 2004).

Hofstein (2004) aponta vários trabalhos de revisão sobre os objectivos do trabalho laboratorial no ensino e na aprendizagem da ciência e sobre o seu efeito em termos educativos, ao nível das escolas secundárias, onde se refere a existência de discrepâncias entre o que se recomenda para o ensino laboratorial da ciência e o que de facto se pratica nas aulas. Por outro lado, Hofstein (2004) afirma que, durante a última década, os conteúdos e a pedagogia do ensino e da aprendizagem da ciência têm sido alvo de escrutínio, e que vários investigadores têm salientado a importância de se repensar o papel e a prática das actividades laboratoriais no ensino da ciência em geral e no ensino da química em particular.

Portanto, cenários como estes levam a que seja importante questionar o papel do trabalho laboratorial no ensino da ciência, e da química em particular (Hodson, 2005; Hofstein, 2004; Leite, 2001; Reid & Shah, 2007).

Objectivos do trabalho laboratorial

Ao longo do século XX, o uso do trabalho laboratorial no ensino da ciência tem sido uma prática estimulada por investigadores e por políticas educativas (Hodson, 2005). Reid e Shah (2007) salientam também que, actualmente, as aulas laboratoriais são uma componente habitual, ou mesmo substancial, nos cursos de ciências em todos os níveis educativos. No entanto, as razões apontadas para esta decisão não têm sido, nem estão, muito claras, e o tipo de trabalho laboratorial a executar e o modo de o implementar têm sido motivo de muitas discussões (Hodson, 2005). Embora se tenha sempre assumido que são necessárias e importantes as actividades laboratoriais, para Reid e Shah (2007) o papel do laboratório na educação em química, em particular, é algo que tem de ser avaliado. Isto, porque:

> É provável que os estudantes continuem a obter aprovação nos exames, baseados no ensino tradicional, com pequenas ou nenhumas alterações [relativamente à

> hipótese de o trabalho laboratorial ser banido dos cursos de química do ensino superior]. Contudo, terão os estudantes alguma "sensibilidade" para a química, para os produtos químicos, para os instrumentos, ou para a forma como uma experiência é conduzida ou descrita? (Reid & Shah, 2007, p. 174).

Para estes investigadores, são as respostas a estas questões que nos darão indicações acerca das metas unicamente alcançáveis através de programas laboratoriais.

Hodson (2005), baseado em auscultações a professores quanto às razões porque usam o trabalho prático (recorde-se que, na concepção de Hodson, este termo inclui o trabalho laboratorial) no ensino da ciência, apresenta uma série de argumentos que ele categorizou em vários tipos:

De índole cognitiva

- Ajuda a compreensão da natureza da actividade científica;
- Ajuda a aquisição e desenvolvimento conceptual;
- Promove a aprendizagem dos processos científicos (como colocação de hipóteses, concepção e condução de experiências, …);
- Confere experiência na resolução de problemas;
- Confere oportunidades de ser criativo;

De índole afectiva

- Motiva os estudantes (gerando interesse e divertimento);
- Promove certas atitudes e hábitos da mente (por exemplo, prestar atenção aos detalhes, ser persistente, ter integridade intelectual, ser curioso, ter mente aberta, …);

Ao nível de competências

- Desenvolve competências de execução laboratorial (manuseamento de material, reagentes e equipamento com rigor e segurança) e competências processuais (observar, medir, …);
- Desenvolve competências sociais e interpessoais (associadas ao facto de se trabalhar em grupo, muitas vezes);

Ao nível de gestão da aula

- Proporciona uma variedade de estímulos de aprendizagem.

Quanto a Reid e Shah (2007), baseando-se também em investigações de vários outros autores sobre o trabalho laboratorial em cursos universitários de química,

apontam quatro objectivos a atingir com o trabalho laboratorial, ou seja, quatro tipos de competências a desenvolver:

- Competências relacionadas com a aprendizagem de química (reconhecimento da química em vários contextos, aplicação prática de ideias e conceitos, submissão de ideias teóricas a testes empíricos, aprendizagem de conceitos novos);
- Competências práticas (manuseamento de equipamento e produtos químicos, aprendizagem de procedimentos de segurança e de técnicas específicas, medição com rigor, observação atenta);
- Competências científicas (competências de observação, de dedução e de interpretação, reconhecimento do papel da evidência empírica no empreendimento científico, idealização de experiências que permitam confrontar ideias teóricas de química com fenómenos reais);
- Competências gerais (trabalho de grupo, capacidade de elaborar relatórios, realizar apresentações e discussões, gestão do tempo, desenvolvimento de formas para resolver problemas).

Objectivos alcançados com o trabalho laboratorial versus objectivos pretendidos

Relativamente à percepção dos estudantes sobre os objectivos do trabalho laboratorial e até que ponto esta está de acordo com a percepção dos especialistas, Reid e Shah (2007) referem que há pouco trabalho desenvolvido sobre esta comparação.

Parte do trabalho de investigação de Hodson (2005) passou por questionar os estudantes relativamente ao papel do trabalho prático (recorde-se a noção dada por Hodson). Os resultados obtidos mostram que os estudantes apresentam razões diversas, ora atribuindo ao trabalho prático a oportunidade de *fazer ciência*, ou de *aprender ciência*, ou não apresentando qualquer razão (Hodson, 2005). Neste último grupo de estudantes estão aqueles que apenas pretendem executar os procedimentos propostos o mais depressa possível, de modo a obterem os resultados *certos* e elaborarem o respectivo relatório, sem que se apercebam, muitas vezes, da ausência de significado dos resultados, por exemplo, ou aqueles que desistem facilmente

perante as dificuldades, preferindo registar os dados dos colegas. Portanto, tal como afirma Hodson (2005), os estudantes até aprendem a ser bons estudantes e o jogo de "fazer laboratórios", mas não aprendem tanto ciência, sobre ciência e a fazer ciência.

No entanto, Hodson (2005), questionando se efectivamente os objectivos pretendidos são alcançados com o trabalho prático, e recorrendo a muitos trabalhos de revisão sobre este, verifica que os resultados da investigação sugerem que apenas *alguns* professores conseguem atingir *algumas* metas com *alguns* estudantes. Portanto, parece que os estudantes que executam actividades práticas não ficam mais motivados, não aprendem melhor os conceitos científicos, não desenvolvem mais as competências laboratoriais, nem ficam mais cientes da natureza do trabalho científico, do que aqueles que não as executam (Hodson, 2005).

Portanto, há um claro confronto entre a teoria e a evidência (Hodson, 2005). Este investigador aponta várias razões que poderão explicar por que motivo as evidências não apoiam o que se acredita serem benefícios do trabalho prático: variadas vezes, a investigação não é rigorosa quanto aos diversos significados que o termo trabalho prático pode assumir; os objectivos do trabalho prático estão, muitas vezes, pouco claros, o que fica reflectido na sua concepção e/ou execução; os resultados da aprendizagem efectiva que o trabalho prático promove são frequentemente ignorados; nem sempre as intenções dos professores correspondem ao que eles realmente fazem; os estudantes nem sempre fazem o pretendido (por não compreenderem adequadamente as instruções dadas ou mesmo por desinteresse); há muitas vezes constrangimentos de tempo e/ou de material ou equipamento; nem sempre o trabalho prático resulta (obtêm-se resultados inesperados, …); os processos de avaliação da eficácia do trabalho prático nem sempre estão bem concebidos e avaliam o que não é importante e/ou não salientam o que é de facto importante (Hodson, 2005).

Também Reid e Shah (2007) consideram que uma das ideias que ficaram claras na literatura consultada sobre o trabalho laboratorial em cursos universitários de química é a de que os objectivos do trabalho laboratorial não são suficientemente claros e não coincidem com as percepções dos estudantes. Ora, segundo Reid e Shah (2007), nem sempre é fácil que os estudantes percebam a importância que certas actividades terão mais tarde nos seus estudos, mas a ausência da percepção dessa relevância não os ajudam nas suas aprendizagens. Por outro lado, os especialistas poderão entender que o importante é apresentar os assuntos, independentemente dos interesses ou necessidades dos estudantes. Portanto, uma forma de promover o

encontro de interesses e acções é formular, de forma clara, os objectivos e comunicá-los de forma eficiente aos estudantes (Reid & Shah, 2007).

Repensar o trabalho laboratorial

Hofstein (2004) assegura que, apesar de faltarem evidências na investigação de que as actividades laboratoriais trazem benefícios à aprendizagem da ciência, há dados suficientes que reforçam a ideia de que o ensino laboratorial é um meio de ensino eficaz e efectivo para se alcançarem *alguns* dos objectivos do ensino e da aprendizagem da química, por exemplo, na promoção de competências cognitivas, metacognitivas e procedimentais, de atitudes favoráveis face à química, da aprendizagem da química, … Estando, neste início de século, a repensar-se uma nova reforma da educação em ciência, é importante incorporar-se os mais recentes conhecimentos sobre o ensino, a aprendizagem e a avaliação do trabalho laboratorial na educação em ciência (Hofstein, 2004). Este investigador entende que continua actual a ideia de que, num ensino formal, o estudo de um número limitado de tópicos, mas de forma mais aprofundada, contribui mais relevantemente para uma aprendizagem de maior qualidade, do que estudar um vasto número de tópicos de modo mais superficial. Assim, torna-se possível delinear actividades laboratoriais de tipo investigativo, que promovem o desenvolvimento nos estudantes de competências de aprendizagem de alto nível, bem como de competências próprias da actividade científica, como formular questões, planificar investigações, formular hipóteses, conceber experiências para testar as hipóteses, comunicar e justificar resultados obtidos perante comunidades de cientistas, … (Hofstein, 2004). Para Hofstein, este tipo de actividades, apesar de consumirem mais tempo, devem ser integradas com outros tipos de actividades lectivas, pois desta forma possibilita-se que os estudantes relacionem o que aprenderam na sala de aula com o que investigaram no laboratório, e isto deve ser feito sob a forma de resolução de problemas contextualizados.

Para Hodson (2005), há evidências de que os estudantes conseguem desenvolver a capacidade de pensarem por eles próprios, desde que tenham condições para se envolverem em actividades do tipo investigativo. Portanto, aquele investigador defende que é profícuo conceber o trabalho prático segundo vários tipos, de acordo com o propósito fundamental a que ele se destina: (i) *aprender ciência*, isto é, adquirir

e desenvolver conceitos científicos; (ii) *aprender sobre ciência*, isto é, compreender a natureza e os métodos do empreendimento científico; (iii) *fazer ciência*, isto é, envolver-se e desenvolver competências relacionadas com a produção do conhecimento científico. Sendo estes propósitos diferentes, embora inter-relacionados, eles implicam abordagens diferentes, portanto, recorrendo a diferentes tipos de actividades práticas (Hodson, 2005).

Outro aspecto que Hodson (2005) salienta é que o professor deve discutir com os estudantes aspectos que devem ficar esclarecidos desde o início do trabalho prático, nomeadamente: (i) quanto ao objectivo específico daquela actividade; (ii) se se trata, globalmente, de uma actividade para *aprender ciência*, *aprender sobre ciência* ou *fazer ciência*, e (iii) quanto ao conhecimento tácito que contribua para um trabalho mais bem sucedido (por exemplo, a diluição de uma amostra a ser titulada para melhor detecção do seu ponto final).

Hodson (2005) destaca ainda que o professor, para além da concepção do trabalho prático e da clara comunicação e/ou discussão dos seus objectivos com os estudantes, o professor deve ter um papel importante na resolução de imprevistos no decorrer do trabalho prático. Ora, isto requer uma adequada preparação dos professores ao nível dos objectivos a atingir, dos conhecimentos envolvidos e dos procedimentos a executar, tal como ao nível das suas intervenções para ajudar os estudantes a superarem dificuldades (Hodson, 2005), isto é, na concepção, implementação e gestão do trabalho prático. A preparação para o desempenho desta função complexa deve ser conseguida, segundo os resultados da investigação de Hodson, através do envolvimento dos professores num trabalho do tipo investigativo sobre o seu ensino (investigação-acção), parecendo claro que eles ficam mais preparados para ajudarem os seus estudantes a envolverem-se em aprendizagens do tipo investigativo (Hodson, 2005).

Reid e Shah (2007) afirmam que é vital que o trabalho laboratorial nos cursos universitários de química seja usado mais eficiente e efectivamente. Para tal, propõem que os responsáveis pelos programas laboratoriais concebam o trabalho laboratorial de forma holística: (i) definindo objectivos claros para esse trabalho; (ii) elaborando actividades pré-laboratoriais; (iii) melhorando as actividades laboratoriais; (iv) elaborando actividades pós-laboratoriais. Reid e Shah (2007) defendem que, em relação aos objectivos, se tenha em conta o que é feito a nível do ensino pré-universitário, para que no ensino universitário seja dada uma continuidade ao trabalho

já começado a desenvolver (em particular no que respeita ao desenvolvimento das competências de pensamento e de raciocínio). Além disso, como já se referiu anteriormente, é fundamental formulá-los e comunicá-los aos estudantes, de forma clara. Relativamente às actividades pré-laboratoriais, Reid e Shah (2007) referem estudos que mostram que aquelas contribuem de facto para melhorar as aprendizagens dos estudantes. Aquelas actividades ajudam os estudantes a mobilizar o seu conhecimento prévio e a anteverem o trabalho laboratorial que vão executar de seguida, compreendendo os seus propósitos e os processos de os atingir (Reid & Shah, 2007). Estas actividades são tarefas ou questões a responder sobre o trabalho a executar, antes do mesmo ter início, durante cerca de 15-30 minutos, cujas respostas serão sujeitas eventualmente a verificação. O trabalho laboratorial propriamente dito deve ser melhorado, o que deve implicar uma redução substancial no tamanho dos seus manuais, tarefa facilitada pela execução das actividades pré-laboratoriais (Reid & Shah, 2007). Por outro lado, e preferencialmente, deve implicar a planificação prévia pelos estudantes desse trabalho laboratorial, recorrendo-se por exemplo a questões de resposta aberta, e colocando maior ênfase nos processos científicos e de pensamento e menos na procura dos resultados *certos* (o que deverá repercutir-se na forma de avaliar, que também deve ser reconcebida) (Reid & Shah, 2007). Finalmente, as actividades pós-laboratoriais devem proporcionar aos estudantes a aplicação das suas aprendizagens e a discussão dos resultados obtidos, se possível no âmbito de contextos reais, o que promove uma melhor compreensão do trabalho laboratorial do que os habituais relatórios, tantas vezes falsificados (Reid & Shah, 2007).

2.1.3.4. Mediação do professor em sala de aula

Scott, Mortimer, & Aguiar (2006) afirmam que, recentemente, tem havido um interesse crescente em compreender como é que os significados são desenvolvidos através da linguagem e de outros modos de comunicação nas aulas de ciências. Estes investigadores notam que existe uma nova tendência na investigação da didáctica das ciências, que releva o interesse sobre os modos como os significados são desenvolvidos no contexto social das aulas de ciência (afastando-se dos estudos que se centravam nos modos como os significados são desenvolvidos individualmente).

Esta nova tendência inclui, portanto, as formas como a função do professor se concretiza na sala de aula, na procura de contribuir para melhores aprendizagens dos estudantes (mediação).

Lopes, Cravino, Branco, Saraiva, & Silva (2008a) referem que a mediação do professor das aprendizagens dos estudantes nas aulas de ciências tem sido investigada no âmbito da didáctica das ciências em áreas relacionadas com a *interacção*, a *aprendizagem baseada em perguntas*, a *conversação em sala de aula*, a *autonomia do trabalho do estudante*, o *envolvimento dos estudantes*, a *comunicação transformadora*, entre outras. São exemplos destes estudos os desenvolvidos por Shepardson e Britsch (2006) sobre a interacção, Pedrosa, Souza, Teixeira-Dias, & Watts (2005) e Teixeira-Dias, Pedrosa, Souza, & Watts (2005) sobre a aprendizagem baseada em perguntas, Leach e Scott (2003) e Scott et al. (2006) sobre a conversação em sala de aula, Reiser (2004) sobre a autonomia do trabalho do estudante, Engle e Conant (2002) sobre o envolvimento dos estudantes, ou Polman e Pea (2001) sobre a comunicação transformadora. No entanto, a mediação é um assunto ainda pouco conhecido, em parte porque os estudos levados a cabo em sala de aula são escassos, não havendo ainda um enquadramento teórico para esta actividade do professor (Lopes et al., 2008a; Lopes, Silva, Cravino, Costa, Marques, & Campos, 2008b). Mas também pela complexidade da sua natureza, pois, como afirmam Lopes, Cravino, Viegas, & Marques (2009), o professor, enquanto mediador, "… deve ter em conta, simultaneamente, as dimensões cognitiva, afectiva, relacional e sócio-política do que acontece na sala de aula" (p. 191). Além disso, o professor tem ainda que considerar: i) os recursos a serem usados pelos estudantes; ii) as linguagens a usar por ele próprio e pelos estudantes (natural, matemática, gráfica, informática); iii) os seus conhecimentos, atitudes e competências e os dos estudantes (científicos, educacionais, epistemológicos, …); iv) o conhecimento em didáctica das ciências (Lopes et al. 2009).

Analisemos alguns estudos efectuados em alguns domínios relacionados com a mediação. Por exemplo, Engle e Conant (2002) estudaram o *envolvimento dos estudantes* no trabalho produtivo da disciplina. Estes investigadores esclarecem que o conceito de *envolvimento* está associado a diversos aspectos presentes no discurso dos estudantes:

– Os estudantes, no grupo de discussão, fazem contribuições importantes sobre o assunto em discussão;

– As contribuições dos estudantes estão articuladas com as de outros estudantes;

– Há poucos estudantes envolvidos em actividades do tipo tarefa fechada;

– Os estudantes mostram uma relação afectiva com o assunto em estudo;

– Os estudantes mostram-se interessados nas ideias dos outros colegas;

- Os estudantes permanecem envolvidos com o assunto em discussão durante longos períodos de tempo.

Este envolvimento dos estudantes está relacionado com a disciplina que se está a leccionar, isto é, há *envolvimento disciplinar*, se existir "… algum contacto entre o que os estudantes estão a fazer e os assuntos e as práticas do discurso da disciplina" (p. 402). No contexto educativo, o envolvimento disciplinar pretende-se *produtivo*, ou seja, que os estudantes façam progressos intelectuais (Engle & Conant, 2002). Os investigadores Engle e Conant (2002) enumeraram diversos aspectos do discurso dos estudantes que podem ser considerados como evidências do seu envolvimento disciplinar produtivo:

– Utilização de argumentos mais elaborados ao longo do ensino;

– Formulação de novas questões a responder desencadeadas pelas discussões;

– Desenho de percursos para atingir objectivos;

– Estabelecimento de relações novas entre ideias;

– Identificação de ambiguidades ou contradições;

Engle e Conant (2002) sugerem que uma via para promover o *envolvimento disciplinar produtivo* é criando ambientes de aprendizagens que incorporem os seguintes quatro princípios:

– Problematizar os conteúdos;

– Conceder autoridade aos estudantes;

– Fomentar a responsabilidade dos estudantes perante os outros e as normas disciplinares;

– Fornecer recursos relevantes.

Assim, no que respeita ao primeiro princípio, *problematizar os conteúdos* refere-se ao encorajamento dos estudantes, pelo professor, da formulação de questões, propostas, desafios, …, em vez de se pretenderem respostas e a assimilação de factos e de procedimentos. *Conceder autoridade aos estudantes* significa estimulá-los a "… serem autores e produtores do conhecimento, com propriedade

sobre ele, em vez de meros consumidores dele" (Engle & Conant, 2002, p. 404). Isto é, os estudantes deverão ter um papel activo na formulação de problemas relacionados com a disciplina e no delineamento e execução da sua resolução. *Fomentar a responsabilidade dos estudantes perante os outros e as normas disciplinares* implica que os estudantes deverão ter em conta os pontos de vista dos outros na construção de significados e no respeito pelas normas disciplinares. Os investigadores Engle e Conant (2002) situam o quarto princípio a um nível diferente, pois consideram que é este que deve dar suporte aos outros três. Estes recursos podem incluir fontes diversas de informação (livros, *sites* da Internet, publicações científicas, …), modelos de argumentação, mas também aspectos como o recurso a peritos ou a participação em fóruns de discussão.

Também Scott et al. (2006) contribuíram para o estudo da importância da *linguagem* e das características do *discurso* nas aulas de ciências. Neste trabalho, estes investigadores recorrem a um quadro teórico, já desenvolvido e apresentado num livro da autoria de Mortimer e Scott, de 2003, para analisar as interacções discursivas em aulas de ciências de estudantes brasileiros do ensino secundário (Scott et al., 2006). Estes autores referem que este trabalho contribui, de forma nova e complementar, para a promoção do envolvimento disciplinar produtivo na sala de aula, de acordo com o conceito de Engle e Conant, defendendo o argumento de que, para que ocorra a aprendizagem significativa do conhecimento científico, o ensino deve contemplar tanto o *discurso autoritativo* como o *discurso dialógico* (Scott et al., 2006). Scott et al. (2006) recorrem ao conceito de Van Zee e Minstrell para *discurso autoritativo*, isto é, o discurso tradicional na sala de aula, em que a autoridade do professor é central. Quanto ao *discurso dialógico*, Scott et al. (2006) notam que esta noção está presente em vários estudos, realizados por outros investigadores, sobre a argumentação ou o discurso. Um desses estudos é, novamente, o de Van Zee e Minstrell, que definem o *discurso reflectivo* como as discussões de sala de aula nas quais coexistem três condições: "… (i) os estudantes expressam os seus próprios pensamentos, comentários e questões; (ii) o professor e cada estudante envolvem-se numa troca alargada de questões que ajuda os estudantes a articular melhor as suas crenças e concepções; (iii) as questões trocadas entre estudantes envolvem a tentativa de cada estudante entender o pensamento do outro" (Scott et al., 2006, p. 607).

O quadro teórico usado por Scott et al. (2006) baseia-se em cinco aspectos inter-relacionados, centrados no papel do professor, e que estão agrupados em termos

(i) do enfoque do ensino, (ii) da abordagem do ensino e (iii) da acção do professor: *objectivos do ensino*, *conteúdo*, *abordagem comunicativa*, *intervenções do professor* e *modelos de interacção*. Nós salientamos a abordagem comunicativa, pois é o aspecto que perspectiva a forma como o professor ajuda os estudantes a desenvolverem as suas ideias. (Scott et al., 2006). Os resultados obtidos com este estudo sugerem que existe a necessidade de uma tensão entre a abordagem autoritativa e a abordagem dialógica, como característica fundamental das interacções comunicativas no discurso da sala de aula, que promove a construção significativa de conceitos científicos pelos estudantes (Scott et al., 2006). Ou seja, as trocas dialógicas devem ser seguidas de intervenções autoritativas e a introdução autoritativa de novas ideias deve ser seguida da aplicação e exploração dialógicas daquelas ideias. Estes mesmos autores apontam a proximidade entre a sua proposta da existência de tensão entre os discursos autoritativo e dialógico e a proposta de Engle e Conant quanto à existência de um equilíbrio entre a autoridade concedida aos estudantes e a sua responsabilidade.

Também em Portugal um grupo de investigação tem procurado melhorar a qualidade das aprendizagens dos estudantes usando uma estratégia que se baseia no estímulo, encorajamento e desenvolvimento de "questões geradas pelos estudantes" durante os processos de ensino e de aprendizagem (Teixeira-Dias et al., 2005). Estes autores defendem que aumentar a qualidade da aprendizagem é aumentar a interacção entre o estudante, o professor e a tarefa de aprendizagem, a qual resulta de três aspectos essenciais: uma base de conhecimento do estudante bem estruturada; um contexto motivacional apropriado; a actividade do estudante. Segundo Teixeira-Dias et al. (2005), as "questões geradas pelos estudantes" são um elemento importante nos processos de ensino e de aprendizagem por várias razões, em particular, (i) por poderem orientar a aprendizagem na sala de aula e (ii) por serem altamente efectivas no aumento do interesse, entusiasmo e envolvimento dos estudantes.

Para Lopes (2009), esclarecer o conceito de *mediação* é importante, pelo que, referindo uma primeira tentativa de definição proposta por Lopes et al. (2008a), aquele autor propõe "… a acção e a linguagem do professor para considerar e responder, sistematicamente, os desafios de aprendizagem dos alunos no seu percurso do desenvolvimento para alcançarem as aprendizagens preconizadas pelo currículo" (p. 4). Lopes et al. (2009) refere Reiser (2004) quando explicita que a acção do professor consiste em dar suporte aos estudantes na execução de tarefas mais complexas,

suporte este que permite que os estudantes mobilizem e usem conhecimentos e competências de mais alto nível, o que não seria possível de outra forma.

Lopes et al. (2009), tendo em conta os trabalhos de vários investigadores, referem que há vários *estilos de mediação* que podem ser agrupados em *tipos de mediação*, tendo identificado e descrito cinco tipos principais, que apresentamos em traços gerais:

(i) *informativa*: o professor apresenta o conhecimento num discurso estruturado, de cariz transmissivo; os conceitos, leis e princípios estão estruturados como conhecimento acabado; as situações apresentadas servem para ilustrar o modo como o conhecimento se aplica;

(ii) *interactiva*: o professor apresenta o conhecimento num discurso estruturado, de cariz essencialmente transmissivo, mas onde há espaço para alguma acção dos estudantes, que executam tarefas simples ou respondem a questões que solicitam respostas curtas; os conceitos, leis e princípios estão estruturados como conhecimento acabado; as situações apresentadas servem para ilustrar o modo como o conhecimento se aplica;

(iii) *dialógica*: o professor apresenta o conhecimento num discurso de estrutura flexível, pois interage dialogicamente com os estudantes, de modo a estruturar as suas ideias ou acções, portanto, havendo espaço para uma acção alicerçada dos estudantes; estes executam tarefas e respondem a questões abertas, controlando a sua aprendizagem; os conceitos, leis e princípios estão estruturados como conhecimento em construção; as situações apresentadas são exploradas em termos de conceitos, leis e princípios;

(iv) *centrada em problemas*: o professor desafia os estudantes a encontrarem respostas a problemas reais, o que permite que os estudantes, seleccionando informação, colocando hipóteses, planeando e executando experiências, …, construam os seus conhecimentos; os conceitos, leis e princípios relevantes estão estruturados como conhecimento em construção; as situações são problematizadas usando conhecimento específico;

(v) *epistémica*: o professor e os estudantes comportam-se como sujeitos epistémicos, embora este papel esteja ainda em desenvolvimento no caso dos estudantes; os estudantes, *largados* na procura de respostas a problemas reais, seleccionam informação, colocam hipóteses, planeiam e executam experiências, …, e constroem conhecimento discutindo e negociando o seu significado com os seus pares;

há uma busca de novos problemas, conceitos, modelos, métodos, …; as situações são problematizadas usando conhecimento já estabelecido ou procurando conhecimento novo.

Ou seja, é a experiência de aprendizagem proporcionada pela realização de tarefas pelo estudante e pela mediação do professor que permite e facilita a mobilização, a apropriação, a reconstrução e o uso de um campo conceptual de ciência pelo estudante (Lopes et al., 2009). Durante a execução da tarefa, a mediação do professor deve estar centrada na organização do espaço e do trabalho, de acordo com o tipo de actividade; após a actividade do estudante, o papel da mediação do professor é explicitar, clarificar, estruturar, monitorizar e/ou melhorar os campos conceptuais específicos do estudante (Lopes et al., 2009).

2.1.3.5. Desenvolvimento profissional

O desenvolvimento profissional dos professores tem vindo a constituir uma linha de investigação em didáctica das ciências (e. g. Kirschner, Vilsteren, Hummel, & Wigman, 1997; Parke & Coble, 1997; Shank, 2006; Stolk, Bulte, de Jong, & Pilot, 2009a, 2009b). Há investigações que apresentaram princípios orientadores, desenvolveram modelos ou quadros teóricos para o desenvolvimento profissional dos professores e que se revelaram ser uma via para a mudança das práticas lectivas. No entanto, não há muitos estudos que tenham mostrado evidências de como o desenvolvimento profissional do professor se reflecte nas aprendizagens dos estudantes.

O grupo de investigadores Kirschner et al. (1997) apresentou um conjunto de princípios para a construção de uma abordagem integrada para a educação de profissionais competentes. Aqueles investigadores basearam-se em princípios de várias perspectivas da psicologia (as teorias da aprendizagem de Vygotsky e de Galperin e as teorias da aprendizagem experiencial de Kolb e da aprendizagem situada de Brown, Collins e Duguid), para a concepção de um ambiente de aprendizagem que visa a aquisição de competências. Com este modelo Kirschner et al. (1997) pretenderam sensibilizar os professores e os *designers* educacionais para as diferenças entre o desenvolvimento de competências e o simples treino de capacidades em futuros

profissionais. No entanto, aquele modelo é mais um modelo de ensino para promover o desenvolvimento de competências em estudantes, adequadas ao seu desempenho profissional futuro, do que um modelo para o desenvolvimento profissional do professor.

Stolk et al. (2009a) preocuparam-se com o estudo das estratégias gerais que um programa de desenvolvimento profissional de professores deve incorporar. Este programa foi concebido para preparar os professores de química de um currículo inovador baseado em contextos e na acção do professor. Aqueles investigadores identificaram quatro estratégias para esta finalidade: (i) facultar o acesso dos professores a unidades de ensino inovadoras e permitir-lhes trabalhar com elas; (ii) organizar reflexões sobre as práticas de ensino, (iii) fomentar a colaboração dos professores com os seus pares e supervisores; (iv) organizar a concepção de unidades de ensino inovadoras pelos professores. Posteriormente, Stolk et al. (2009b) desenvolveram um enquadramento teórico com a descrição dos processos de desenvolvimento profissional em que se salienta a responsabilidade da tomada de decisões como uma componente importante do desenvolvimento do professor.

O ponto estratégico (iii) indicado por Stolk et al. (2009) foi também destacado por Shank (2006) que começou por referir que a investigação sugere que as comunidades de colaboração de professores trazem contributos importantes ao desenvolvimento profissional dos professores, às reformas escolares e aos resultados de aprendizagem dos estudantes. Neste âmbito, aquela cientista levou a cabo um estudo que mostrou como é que a narração das experiências de ensino e de aprendizagem vivenciadas pelos professores, a outros colegas, os ajudam a criar um ambiente de aprendizagem colaborativa, onde se relacionam as concepções pessoais sobre as práticas de ensino com as concepções colectivas, onde se desenrola a reflexão sobre as suas práticas e as novas orientações a tomar e onde se constrói uma concepção partilhada da "boa pedagogia". Shank (2006) acredita que o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem na sala de aula propícios à construção de conhecimentos pelos estudantes beneficia do desenvolvimento de ambientes de aprendizagem para os próprios professores.

Uma outra perspectiva para o desenvolvimento profissional de professores é a que Parke e Coble (1997) propõem. Estes autores defendem que o desenvolvimento profissional dos professores pode ser feito através de sessões de reflexão sobre o ensino e a aprendizagem com peritos na área, cuja linha orientadora é a de se fazer a

ligação entre a teoria e a prática através da tomada de decisões curriculares. Nesta ordem de ideias, aqueles investigadores implementaram sessões de desenvolvimento profissional para professores de ciência do nível médio baseadas num modelo concebido para o efeito. Os professores participaram em sessões de reflexão, conjuntamente com investigadores em ciência e em didáctica das ciências, sendo assim informados das perspectivas teóricas que têm implicações nas práticas de sala de aula, em particular, nas suas (Parke & Coble, 1997). Com base nesta formação, os professores envolveram-se no desenvolvimento curricular, o que contribuiu para o seu desenvolvimento profissional, bem como para níveis elevados de satisfação e interesse perante aquelas experiências de aprendizagem, tanto para os professores como para os estudantes envolvidos. No entanto, Parke e Coble (1997) verificaram que os resultados académicos dos estudantes que participaram no estudo não apresentaram diferenças significativas quando comparados como os dos estudantes dos grupos de controlo.

2.2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO SITUAÇÃO FORMATIVA (ET-SF)

O trabalho de investigação proposto apoiou-se num quadro teórico de referência desenvolvido por Lopes a partir de uma formulação implícita feita por Astolfi, Darot, Vogel e Toussaint em 1997. Este quadro teórico foi, numa primeira fase, designado de *Situação Formativa* (Lopes, 2004) mas, após sucessivos desenvolvimentos resultantes da sua utilização em diversos contextos de investigação e de ensino (e. g. Amaral, 2005; Branco, 2005; Cravino, 2004; Cravino & Lopes, 2003; Lopes, 2009; Lopes et al., 2009; Marques, Lopes, & Carvalho, 2005c; Melo, 2007; Saraiva, 2007; Viegas, Lopes, & Cravino, 2009) e após um estudo empírico[3] de que resultou a sua consolidação (Lopes et al., 2008b), é actualmente designado de *Enquadramento Teórico Situação Formativa* (ET-SF). Este enquadramento teórico foi concebido com o intuito de auxiliar o ensino e a aprendizagem da ciência: por um lado, auxiliando os professores no desenho do currículo[4] que se quer implementar e na sua gestão na sala de aula e, por outro lado, auxiliando os estudantes nos seus processos de aprendizagem (Lopes, 2009; Lopes et al., 2009). Portanto, este enquadramento teórico tem como meta principal a promoção da qualidade do ensino de ciências físicas e, de forma inter-relacionada, a promoção da qualidade das aprendizagens proporcionadas (Lopes, 2009).

A selecção do ET-SF para quadro de referência deste trabalho de investigação apoiou-se em várias ordens de razão:

- a da sua fundamentação epistemológica;
- a da sua fundamentação sócio-psicológica;
- a da congregação de resultados da didáctica das ciências;
- a da sua exequibilidade.

Notemos que os fundamentos do ET-SF se enquadram na fundamentação geral do nosso trabalho, que apresentámos na secção 2.1. deste capítulo. No que respeita à sua fundamentação epistemológica, o ET-SF considera que o estudante é o

[3] Este estudo identificou, na literatura internacional da didáctica das ciências, traços de conhecimento comuns relevantes para a investigação e para a prática do ensino e da aprendizagem da ciência.

[4] Neste trabalho, usamos o conceito de currículo de Roldão (1999). Segundo esta investigadora, o currículo tem duas componentes: (i) o corpo de aprendizagens pretendidas num dado contexto e tempo e (ii) o modo, a organização e metodologia para conseguir obter o corpo de aprendizagens pretendidas.

sujeito epistémico, mas o professor tem um papel fundamental na mediação da construção do conhecimento pelo estudante (Lopes, 2009). Ou seja, o professor é determinante na organização e implementação do ensino, seleccionando e/ou concebendo e disponibilizando os objectos epistémicos, nomeadamente, apresentando situações contextuais, tarefas para os estudantes executarem, etc., mas também na gestão do ensino, o que passa, particularmente, por auxiliar os estudantes nas suas aprendizagens, adaptar o currículo às situações de aprendizagem, etc. No âmbito da sua fundamentação sócio-psicológica, o ET-SF considera que a aprendizagem ocorre através de processos cognitivos, afectivos e éticos, a nível individual mas também em contextos sociais, pelo que há um conjunto de aspectos a considerar (a conversação em sala de aula, a autonomia do trabalho do estudante, o envolvimento dos estudantes, entre outros, que já abordámos e/ou referimos na secção 2.1.3.4. sobre a mediação do professor) (Lopes, 2009). Ou seja, genericamente, o ET-SF é um quadro teórico de índole sócio-construtivista. Este também dá relevância aos resultados da investigação didáctica, essencialmente, nas áreas do pensamento do senso comum e das concepções alternativas, das sequências de ensino e de aprendizagem, das tarefas a executar pelos estudantes, em particular o trabalho prático (recorrendo, por exemplo, à metodologia do trabalho por projecto), da mediação das aprendizagens. No que respeita à exequibilidade deste quadro teórico, isto é, "… a sua capacidade de adaptação às condições reais de ensino" (Koliopoulos & Ravanis, 2000, p. 37), reconhecemos o seu potencial, em primeiro lugar, na capacidade de ter em conta os constrangimentos institucionais relacionados com o plano de estudos e os objectivos da disciplina e as condições gerais de ensino na instituição de ensino em causa. Por outro lado, a exequibilidade/operacionalidade do ET-SF é conseguida através do uso de três ferramentas: *rede conceptual*, *tabela de especificação de uma situação formativa* e *rede de situações formativas* (Lopes, 2004; Lopes et al., 2009). Estas ferramentas permitem, globalmente: seleccionar, relacionar e articular o conhecimento, as competências e as atitudes a desenvolver, delinear os processos de ensino e de aprendizagem, e implementar o currículo fazendo a sua gestão na sala de aula. Esta gestão implica, por um lado, a mediação pelo professor das aprendizagens dos estudantes, em articulação com a avaliação dessas aprendizagens em momentos adequados, ao longo dos processos de ensino e de aprendizagem e, por outro lado, a reconcepção e/ou restruturação do currículo, em termos das suas componentes, em articulação com a avaliação permanente do currículo em implementação, de modo a

aproximar o *currículo em acção* ou efectivo (Lopes, 2004; Roldão, 1999) do *currículo intencional* ou pretendido (Lopes, 2004; Roldão, 1999), melhorando assim a qualidade do ensino e consequentemente a qualidade das aprendizagens dos estudantes.

Seguidamente, vamos apresentar o ET-SF em três fases: a) explicitando e articulando os seus conceitos centrais (secção 2.2.1.), b) descrevendo as ferramentas concebidas e a forma de as usar para desenhar o currículo (secção 2.2.2.) e c) descrevendo os processos para gerir o currículo na sala de aula (secção 2.2.3.).

2.2.1. Conceitos centrais do ET-SF

O Enquadramento Teórico Situação Formativa (ET-SF) assume, como pressupostos, que para um ensino e aprendizagem de qualidade, o estudante e o professor têm papéis importantes a desempenhar nestes processos: o empenho do estudante nas suas aprendizagens e o empenho do professor no seu ensino (Lopes, 2009; Lopes et al., 2009). A figura 2.3 apresenta esquematicamente o ET-SF. O ET-SF tem como ponto de partida os *saberes disponíveis dos estudantes* (os conhecimentos do seu mundo privado e os proporcionados pelo ensino formal, até à data) e como ponto de chegada os *resultados de aprendizagem pretendidos*. Relembremos que os saberes prévios ou disponíveis dos estudantes dizem respeito aos conhecimentos do seu mundo privado, ou do senso comum, e a esquemas de raciocínio característicos do senso comum (ver mais detalhes sobre o pensamento do senso comum na secção 2.1.2.). Como Lopes (2004) defende, conhecer e mobilizar os saberes prévios dos estudantes é uma condição muito importante para o sucesso do ensino e a qualidade das aprendizagens. Quanto aos resultados da aprendizagem pretendidos, Lopes (2004) refere que os conhecimentos, as competências e as atitudes são os alvos de aprendizagem desejados pela sociedade. Note-se que o conceito de competência é complexo e pode ter diversas conceptualizações. Nós adoptámos a concepção de Roldão (2003): uma capacidade efectiva de mobilizar, escolher, usar e articular informação e conhecimento (intelectual, prático ou verbal) para enfrentar uma situação, problema ou questão.

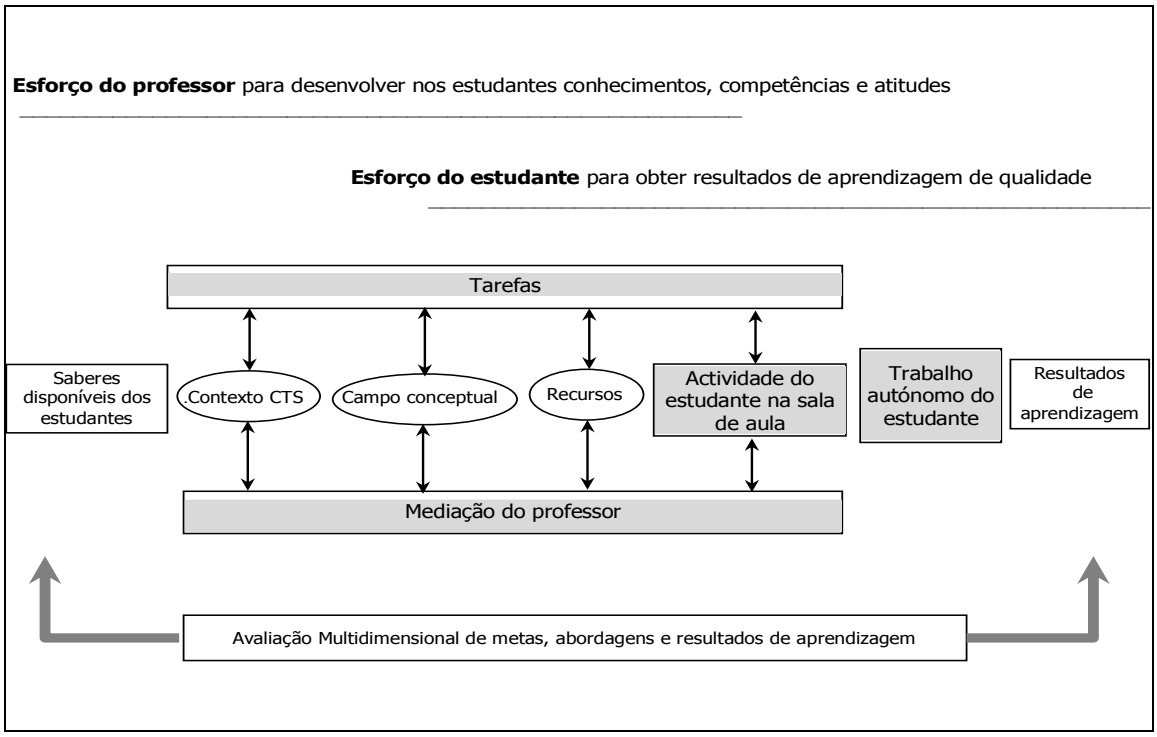


Figura 2.3 – Enquadramento Teórico Situação Formativa.

(retirada de Lopes (2009))

O desenrolar do percurso *saberes prévios – resultados de aprendizagem* deve ser preparado pelo professor, que desenvolve o seu trabalho centrando-se em dois conceitos fundamentais: as tarefas que apresenta aos estudantes para eles executarem e a mediação das aprendizagens dos estudantes (Lopes, 2009; Lopes et al., 2009). O tipo de tarefas, o tipo de mediação e a articulação entre ambas (que engloba aspectos como, por exemplo, o campo conceptual a ensinar/desenvolver nos estudantes), determinam o tipo de ensino que, por conseguinte, condiciona a qualidade das aprendizagens atingidas, nomeadamente, dos conhecimentos, das competências e das atitudes (Lopes, 2009; Lopes et al., 2009). A avaliação é um instrumento essencial à gestão do currículo e da sua implementação, pois permite informar o professor acerca das dificuldades de aprendizagem dos estudantes, conceptuais ou outras, e da evolução destas aprendizagens, o que vai possibilitar que o professor adapte o desenho curricular de modo a ultrapassar os obstáculos interpostos ou mesmo a maximizar a qualidade das aprendizagens, tendo presentes as metas do ensino, as abordagens usadas e os resultados da aprendizagem (Lopes, 2009; Lopes et al., 2009). A actividade que efectivamente é desenvolvida pelos

estudantes, seja em sala de aula ou autonomamente, fora do contexto de ensino formal, depende pois, do ambiente de aprendizagem que o professor concebeu e implementou. Mas, no âmbito do paradigma sócio-construtivista da aprendizagem, cabe ao estudante responsabilizar-se pelas suas aprendizagens, envolvendo-se na execução das tarefas e orientando-se pelo(s) percurso(s) que conduz(em) até às aprendizagens pretendidas.

Analisemos com maior detalhe o significado dos conceitos centrais do ET-SF, as tarefas e a mediação do professor, e o da sua articulação.

• Tarefas

Uma tarefa é o trabalho solicitado aos estudantes, que eles devem executar num dado tempo, para dar uma resposta a uma questão ou a outro tipo de pedido (Lopes, 2009). Este autor refere que há trabalhos de investigação que mostram como a actividade dos estudantes é importante para a aprendizagem. Note-se que tarefa e actividade do estudante são conceitos distintos: a tarefa é o trabalho proposto aos estudantes e a actividade é o trabalho que os estudantes de facto desenvolvem (Lopes, 2009). É a tarefa que orienta a atenção do estudante para o que ele tem de aprender e/ou fazer (embora a actividade do estudante também dependa da mediação durante a execução da tarefa) (Lopes et al., 2009). Daí que se compreenda que o tipo de tarefas seleccionado é essencial para a qualidade das aprendizagens alcançadas.

As tarefas devem, então, ser formuladas de acordo com os aspectos da aprendizagem conceptual que pretendam desencadear, nomeadamente, a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes, a reconceptualização e/ou a reestruturação dos conceitos mobilizados e das suas relações; a apropriação de novos conceitos; a reestruturação do campo conceptual em jogo; a problematização; o delineamento da resolução de problemas; o desenvolvimento de outras competências e/ou atitudes. Lopes et al. (2009) sugerem cinco tipos de tarefas, de acordo com a sua função educacional e as suas características:

(i) *tarefas de rotina ou exemplificativas*, concebidas para mostrar aos estudantes como estes devem usar os conceitos e suas relações, com recurso ou não a algoritmos, e/ou processos de manipulação de instrumentos e aparelhos;

(ii) *tarefas relativas a processos científicos tradicionais*, concebidas para mobilizar nos estudantes processos como a resolução de problemas, a formulação de

hipóteses, o delineamento de trabalho experimental, entre outros, na ciência de nível introdutório;

(iii) *tarefas exploratórias*, concebidas para estimular nos estudantes a identificação de problemas a resolver em situações contextuais reais ou a necessidade de novos conceitos;

(iv) *tarefas epistémicas,* concebidas para trabalhar práticas epistémicas requeridas no trabalho científico, por exemplo, encontrar soluções em contexto de situações reais problemáticas;

(v) *tarefas por projecto*, concebidas para os estudantes delinearem e desenvolverem um projecto de forma relativamente autónoma.

A apresentação aos estudantes de cada tipo de tarefas deve seguir uma ordem baseada numa complexidade crescente ao nível dos conceitos e das competências envolvidos (Lopes, 2009). As tarefas por projecto são um tipo de tarefa diferente das outras, pois podem envolver alguns ou todos os tipos de tarefas, sendo, portanto, de natureza mais complexa (Lopes, 2004). Por outro lado, Lopes et al. (2009) salientam o papel fundamental do conceito de *problema*, apoiando-se no trabalho de Gil-Pérez et al. (1999), que defendem a estratégia da *resolução de problemas como investigação*. Ora, o desenvolvimento da competência da resolução de verdadeiras situações problemáticas pode ser promovido em maior plenitude nas tarefas por projecto (Lopes, 2004).

• Mediação do professor

A mediação do professor é um assunto que já foi abordado na secção 2.1.3.4. de forma mais abrangente, pelo que aqui apenas vamos destacar aspectos particulares relevantes para o ET-SF.

Recordemos o conceito de mediação de Lopes que adoptamos, "… a acção e a linguagem do professor para considerar e responder, sistematicamente, os desafios de aprendizagem dos alunos no seu percurso do desenvolvimento para alcançarem as aprendizagens preconizadas pelo currículo" (Lopes, 2009, p. 4). A concepção da mediação de Lopes tem, portanto, seis componentes: i) acção do professor, ii) linguagem do professor, iii) desafios de aprendizagem colocados aos estudantes, iv) percursos de desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes, v) resultados da

aprendizagem e vi) conhecimentos, competências e atitudes a desenvolver pelo currículo intencional (Lopes, 2009; Lopes et al., 2008a).

Por outro lado, a fundamentação epistemológica e sócio-psicológica em que se baseou o ET-SF conduziu os autores Lopes et al. (2008a) à identificação de dez dimensões da mediação, cinco delas relacionadas com a vertente filosófica: "… i) trabalho efectivamente solicitado aos estudantes, ii) contextos e situações (físicas, no caso), iii) práticas epistémicas dos estudantes, tendo como referência as práticas científicas, iv) forma como a informação é apresentada, usada e processada, v) forma como a aprendizagem dos estudantes pode ser estendida para além da sala de aula…" e outras cinco relacionadas com a vertente psico-sóciológica: "… i) conversação na sala de aula, ii) apoio e autoridade concedidos aos estudantes, iii) envolvimento produtivo na disciplina, iv) avaliação e feedback, v) consciência do professor sobre o que se passa na aula e tomadas de decisão (Lopes, 2009, p. 4).

Cruzando as componentes da mediação (decorrentes da definição) com as dimensões da mesma (construção teórica decorrente do ET-SF), aqueles investigadores (Lopes, 2009, p. 4) identificaram sete aspectos evidenciados em sala de aula que são reveladores da qualidade da mediação praticada: (a) qual é a actividade que os estudantes efectivamente realizam perante uma tarefa que lhes é proposta; (b) modo como o professor apresenta a informação que é relevante e como estrutura a aprendizagem pretendida; (c) modo como o professor cria o ambiente de trabalho (e.g. como organiza o trabalho dos estudantes em sala de aula e como explicita as suas funções); (d) modos como os estudantes se envolvem nas suas aprendizagens (i. e. como usam a informação e os seus conhecimentos); (e) como é que um campo conceptual específico é trabalhado; (f) que recursos são disponibilizados; (g) modo como circula a informação (Lopes, 2009, p. 4).

• Inter-relações tarefas-mediação

Voltemos à figura 2.3 do ET-SF. São as inter-relações tarefas-mediação que permitem estabelecer as características do ensino posto em prática e assim a qualidade das aprendizagens dos estudantes, que se pretendem o mais autónomas possível (Lopes, 2009). Estas inter-relações dependem de vários aspectos, como os *saberes prévios* a mobilizar pelos estudantes, o *campo conceptual* (conceitos, suas relações, contextos de uso dos conceitos, …) a ensinar/desenvolver nos estudantes, o

contexto CTS em que se vai desenrolar a execução das tarefas pelos estudantes e, portanto, o uso dos conhecimentos envolvidos, e os *recursos* disponibilizados (Lopes, 2009).

O conceito de *saberes prévios* já foi suficientemente tratado anteriormente.

O *campo conceptual* representa, para Lopes, e de acordo com a concepção de Vergnaud, os conceitos, as suas relações, os seus usos, os modelos teóricos, as situações (físicas, no caso), etc., pertencentes a uma estrutura articulada mas coesa, coerente e funcional (Lopes, 2004), "… a qual permite que os sujeitos operem, abordem, pensem e ajam numa classe mais ou menos vasta de situações-problema" (Lopes et al., 2009, p. 201). Nesta estrutura, os conceitos são usados e/ou construídos com recurso a vários sistemas de representação (linguagem natural, gráfica, matemática, …), a esquemas mentais (relações entre conceitos, modelos teóricos e de situações, …) e a um conjunto de situações-problema. Portanto, explicitar o campo conceptual a ensinar, o que implica identificar os conceitos centrais, as suas relações, os modelos, os contextos de uso, …, anteriormente ao ensino (na preparação do currículo) e durante o ensino (na implementação do currículo), ajuda o estudante a conferir ao campo conceptual em estudo uma maior estruturação, unidade, coesão e complexidade.

Quanto ao *contexto CTS*, este conceito refere-se à situação real que é apresentada aos estudantes, relevante para estes e para o campo conceptual em estudo, através da colocação em cena de objectos (jornais, material de laboratório, imagens, …), acontecimentos (filmes, experiências, …) e informação de natureza científica, social, ambiental, …, a partir da qual os estudantes são levados, por exemplo, a identificar problemas e a procurar respostas, mobilizando conceitos e as suas relações, articulando-os com os seus contextos de uso, mobilizando competências, …, portanto, é um contexto de natureza ciência-tecnologia-sociedade, de referência para o processo de ensino e aprendizagem (Lopes et al., 2009). Em cada contexto, o campo conceptual específico deve ser mobilizado num número razoável de situações, porque só desta forma o campo conceptual dos estudantes ganha extensão, complexidade e unidade.

Os *recursos* correspondem aos materiais e equipamentos disponibilizados (livros, publicações científicas ou outras, imagens, filmes, material de laboratório, instrumentos, …) para serem utilizados pelos estudantes na execução das tarefas

ajudando-os, assim, nas suas aprendizagens, mas servindo também para ajudar os professores no seu ensino (Lopes et al., 2009).

Portanto, os aspectos referidos acima, de que dependem as inter-relações tarefas-mediação, são abordados articuladamente pelos estudantes, na execução das tarefas, e pelo professor, na mediação do trabalho desenvolvido pelos estudantes, logo, das suas aprendizagens. Se, por um lado, aqueles aspectos podem estar definidos e preparados antes do ensino, é no decorrer deste que a mediação pode influenciar o modo como as tarefas são executadas e, portanto, a qualidade das aprendizagens alcançadas (Lopes, 2009). Ou seja, é a experiência de aprendizagem proporcionada pela realização de tarefas pelo estudante e pela mediação do professor que permite e facilita a mobilização, a apropriação, a reconstrução e o uso de um campo conceptual de ciência pelo estudante (Lopes et al., 2009).

Em suma, a actividade dos estudantes e a mediação do professor, obviamente inter-relacionadas, actuam como um "andaime" do desenvolvimento dos conhecimentos, competências e atitudes do estudante.

Lopes et al. (2009) cruzaram os tipos de tarefas com os tipos de mediação, apresentados atrás, e identificaram diferentes tipos de ensino, que caracterizaram usando critérios definidos com base num trabalho de Jimenez-Aleixandre de 1996. Os critérios para essa caracterização são seis:

(i) *princípio de ensino*, que se refere às ideias e práticas principais subjacentes ao ensino;

(ii) *sintaxe*, que se reporta às regras e características principais do que acontece na sala de aula;

(iii) *sistema social*, que diz respeito ao modo como a sala de aula está organizada socialmente (por exemplo, em termos de poder …);

(iv) *sistema de suporte*, que é referente ao tipo de recursos disponibilizados e à origem da informação;

(v) *tipo de tarefas para os estudantes* (já abordado atrás);

(vi) *actividade de aprendizagem induzida nos estudantes* (resultante de todos os factores anteriores).

Apresentemos, a título ilustrativo, três tipos de ensino resultantes da caracterização efectuada por aqueles autores. Por exemplo, o tipo de ensino resultante de uma mediação do tipo informativa sem que exista nenhuma tarefa proposta é

caracterizado pela transmissão de informação pelo professor (*princípio de ensino*), com lições do tipo informativo (*sintaxe*), baseado na autoridade do professor (*sistema social*), os livros de texto são o único tipo de recursos (*sistema de suporte*), sem apresentação de tarefas a executar (*tipo de tarefas para os estudantes*), aprendizagem resultante de acomodação de conteúdos (*actividade de aprendizagem induzida nos estudantes*) (Lopes et al., 2009).

Numa posição antagónica, temos o tipo de ensino resultante de uma mediação do tipo epistémica e de tarefas do tipo trabalho por projecto, que é caracterizado por um ensino indutor de um comportamento de sujeito epistémico nos estudantes (*princípio de ensino*), com pequenas lições para apresentar o estado da arte num determinado domínio, encorajamento do trabalho e raciocínio dos estudantes de forma autónoma, trabalho do estudante baseado na problematização (*sintaxe*), professor e estudantes como sujeitos epistémicos (*sistema social*), o professor, os livros de texto, publicações científicas, internet são exemplos dos recursos usados (*sistema de suporte*), as tarefas a executar são do tipo trabalho por projecto (*tipo de tarefas para os estudantes*), aprendizagem resultante da acção de sujeitos epistémicos em contextos reais (*actividade de aprendizagem induzida nos estudantes*) (Lopes et al., 2009).

Um tipo de ensino que se situa entre aqueles exemplos extremos, pode ser o resultante de uma mediação do tipo dialógica e de tarefas do tipo processo científico tradicional, caracterizado por um ensino que promove a compreensão dos estudantes baseando-se no conhecimento prévio e trabalho prévio dos estudantes (*princípio de ensino*), com pequenas lições do tipo dialógico e que assegura a aquisição dos conhecimentos básicos (*sintaxe*), o professor como um profissional reflectivo (*sistema social*), o professor, os livros de texto, publicações científicas, internet são exemplos dos recursos usados (*sistema de suporte*), as tarefas a executar são do tipo processo científico tradicional (*tipo de tarefas para os estudantes*), aprendizagem resultante de reconstrução do conhecimento e desenvolvimento de competências básicas (*actividade de aprendizagem induzida nos estudantes*) (Lopes et al., 2009).

2.2.2. O ET-SF para desenhar o currículo

Para a preparação do currículo para a sala de aula, o ET-SF prevê um conjunto de operações a executar (figura 2.4), com recurso a três ferramentas que desenvolveu para o efeito (figuras 2.5 e 2.6 e tabela 2.5), que possibilitam, conjuntamente, a operacionalização dos conceitos centrais e os aspectos que as suas interacções contemplam (Lopes, 2004; Lopes et al., 2009). Portanto, o ET-SF propõe que sejam analisados os documentos curriculares oficiais correspondentes à disciplina científica a ensinar e a aprender em contexto formal, para que se identifiquem os conteúdos científicos envolvidos, a sua relevância científica, tecnológica e social e as competências a desenvolver. Após este levantamento, os conceitos científicos devem ser estruturados numa *rede conceptual*, onde se articulam os conceitos centrais, os modelos teóricos a usar e os seus contextos de uso relevantes (no laboratório de aulas, na indústria, em situações do dia-a dia, …) (ver exemplo na figura 2.5). Assim, é possível associar cada unidade curricular específica a ensinar com os conceitos centrais, os modelos teóricos, as relações entre conceitos e/ou modelos, os contextos de uso relevantes (do ponto de vista científico, tecnológico, social) (aspectos-chave do campo conceptual específico), em consonância com as competências a desenvolver (utilização correcta de algoritmos, manipulação de técnicas instrumentais e/ou de laboratório, testagem de uma hipótese, delineamento de uma experiência, resolução de problemas, …). Este trabalho é auxiliado pela elaboração de tabelas onde se detalham e explicitam os aspectos acabados de referir (Lopes, 2004; Lopes et al., 2009). Isto é, estruturando tabelas de especificação para cada unidade curricular ou *tabela de especificação de uma situação formativa* (tabela 2.5).

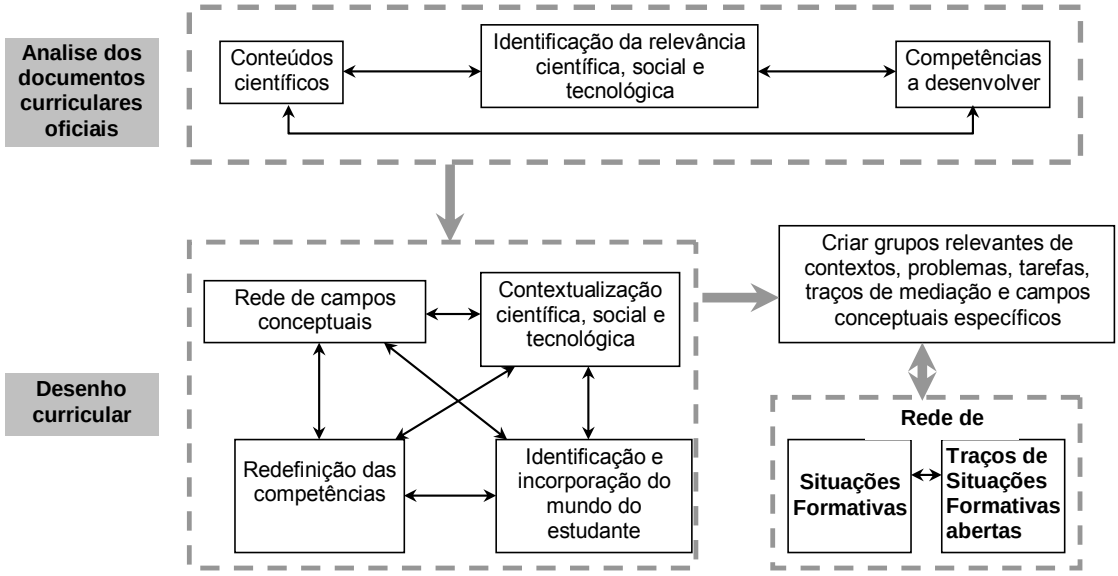


Figura 2.4 – Operações para preparar um currículo baseado no ET-SF. (retirada de Lopes et al. (2009))

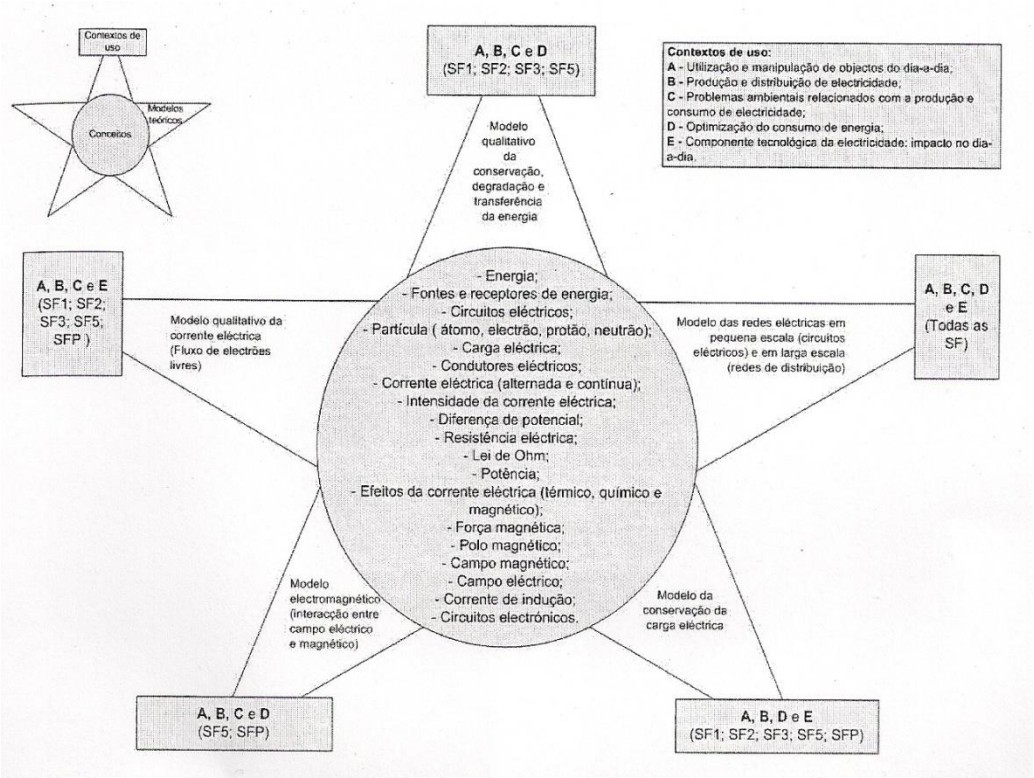
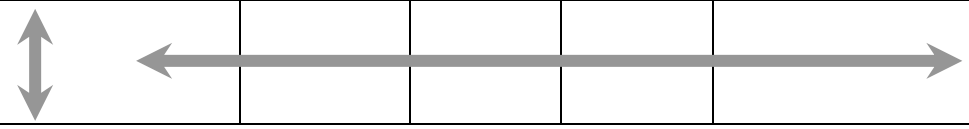


Figura 2.5 – Exemplo de uma rede conceptual sobre o campo Electricidade. (retirada de Melo (2007))

Tabela 2.5 – Tabela de especificação de uma situação formativa.

(retirada de Lopes et al. (2009))

Mundo do Estudante (concepções, conhecimento disponível, experiência de vida, interesses…)				
Campo conceptual específico (conceitos centrais, modelos (teóricos e de situações), operações com conceitos e modelos, linguagem usada, contextos de uso de conceitos e modelos, contextos históricos e sociais de produção de conceitos)				
Contexto (situação-problema)	**Problemas**	**Tarefas**	**Recursos**	**Traços da Mediação do Professor** (Traços de mediação do tipo informativa, interactiva, dialógica, centrada em problemas ou epistémica)
				
Competências, conhecimentos e atitudes a desenvolver pelos estudantes e resultados de aprendizagem				

Lopes et al. (2009) explicam que a contextualização científica, tecnológica e social dos conteúdos científicos a ensinar e das competências e atitudes a desenvolver é incorporada na concepção do currículo através da apresentação, aos estudantes, de situações contextuais que possam constituir um problema a compreender melhor ou a resolver e que sejam relevantes para os estudantes. São as tarefas propostas aos estudantes que desencadeiam a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes (do seu mundo privado ou académicos) e promovem o seu uso e/ou a sua reconceptualização adequados ao problema a resolver, coerentemente com as competências a desenvolver, recorrendo aos recursos disponibilizados. No entanto, apesar de as tarefas orientarem a actividade dos estudantes, o papel do professor é fundamental nessa orientação e na construção dos seus conhecimentos, ou seja, na mediação das suas aprendizagens (Lopes et al., 2009). Portanto, na concepção do currículo, é necessário articular, entre si, as características do campo conceptual a ensinar, as competências e atitudes a desenvolver, o mundo do estudante, a natureza das tarefas, os contextos de uso dos conceitos (do tipo CTS ou outros), os recursos a disponibilizar e os tipos de mediação a usar (indicado, na tabela 2.5, pela dupla seta horizontal), concomitantemente com a sua articulação temporal (indicado pela dupla seta vertical) (Lopes et al., 2009). Estes autores salientam que, por um lado, não é possível prever totalmente o mundo do estudante, nem detalhadamente a mediação a

usar, mas é possível, e desejável, antecipar aspectos desse mundo privado e os traços gerais da mediação, que terá de ser flexível e adaptável às circunstâncias dos processos de ensino e de aprendizagem.

O desenho de um currículo, de acordo com o ET-SF, constitui uma *rede de situações formativas*, instrumento que apresenta de forma resumida e articulada os aspectos-chave de cada situação formativa: competências, situações, tarefas, modelos, usos conceptuais (ver exemplo na figura 2.6) (Lopes et al., 2009). Note-se que é possível (e desejável) que se elaborem situações formativas que tenham aspectos não antecipados com pormenor, como é o caso das situações formativas baseadas em trabalho por projecto (abertas). O facto de se articularem as situações formativas em rede, e não sequencialmente, permite que a ordem e a ênfase de cada uma possam ser alteradas, se necessário a um ensino mais flexível, adaptável às características dos estudantes e às situações de ensino e aprendizagem não previstas (Lopes et al., 2009).

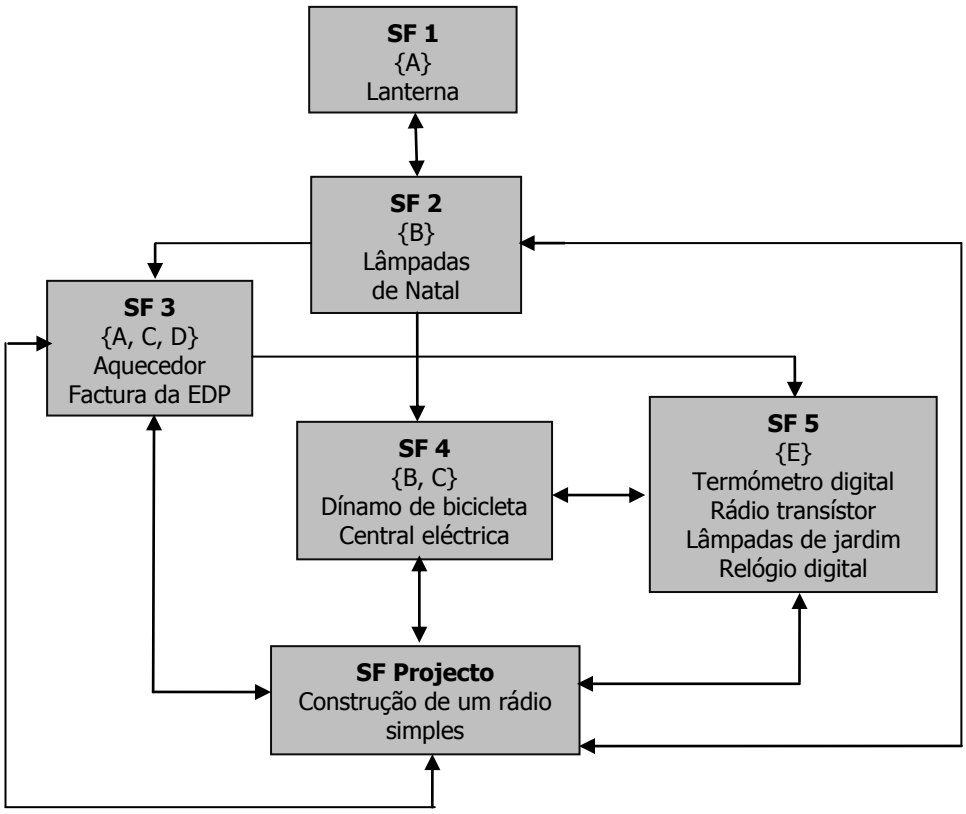


Figura 2.6 – Exemplo de uma rede de situações formativas.

(retirada de Melo (2007))

Portanto, o ET-SF que a figura 2.3 representa é operacionalizado usando as três ferramentas explicitadas: a *rede conceptual* (figura 2.5), a *tabela de especificação de uma situação formativa* (tabela 2.5) e a *rede de situações formativas* (figura 2.6), seguindo a orientação geral proposta e apresentada na figura 2.4.

2.2.3. O ET-SF para gerir o currículo

Já referimos, no início da secção 2.2., que o ET-SF tem como objectivo principal a promoção da qualidade da aprendizagem das ciências físicas, isto é, dos conhecimentos, competências e atitudes a desenvolver nos estudantes, conseguida como resultado de um ensino de qualidade. Para tal, o ET-SF recorre às ferramentas rede conceptual, tabela de especificação de uma situação formativa e rede de situações formativas para ajudar o professor na concepção do currículo que se quer implementar e na sua gestão na sala de aula. A construção do currículo já foi apresentada na secção anterior e, de forma implícita, a necessidade de o gerir, como vias para se atingirem as metas propostas pelo ensino da ciência. Também já referimos que a gestão do currículo implica a mediação das aprendizagens dos estudantes pelo professor e a mediação do currículo em implementação, em articulação com a avaliação dessas aprendizagens e do próprio currículo, o que pode conduzir à necessidade de o reconceber e/ou restruturar.

Isto é, perante o reconhecimento de dificuldades dos estudantes na execução de certas tarefas (com a avaliação das suas aprendizagens ao longo do ensino e do próprio currículo), pode ser necessário, por exemplo, a reformulação de tarefas que tenham em conta os saberes prévios efectivamente detidos pelos estudantes, e/ou a disponibilização de outro tipo de recursos, e/ou o auxílio à mobilização dos conceitos adequados usando um tipo de mediação que não estava inicialmente previsto, etc. (mediação do currículo e das aprendizagens) (Lopes et al., 2009). Esta dinâmica está esquematizada na figura 2.7.

Portanto, é tendo em conta o mundo do estudante (ponto de partida) e os resultados de aprendizagem pretendidos (ponto de chegada) que se orienta a gestão do currículo, utilizando para o efeito os princípios teóricos do ET-SF e o próprio desenho curricular concebido à partida (Lopes et al., 2009). À medida que o ensino prossegue, o desenho curricular vai sendo alterado em termos dos seus

conceitos-chave (campos conceptuais, os contextos de uso dos conceitos, as tarefas e a actividade do estudante, …), e da sua articulação, recorrendo à inter-relação entre a mediação e as tarefas, que induzem as experiências de aprendizagem (concomitantemente com a permanente avaliação).

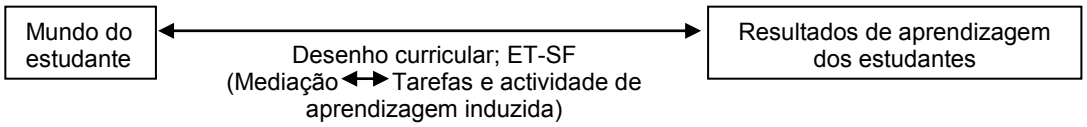


Figura 2.7 – Componentes e processos de gestão curricular na sala de aula baseada no ET-SF. (retirada de Lopes et al. (2009))

Lopes et al. (2009) salientam que a mediação é o aspecto da gestão curricular mais "sensível", "…. pois ela assume uma forma particular com cada professor e estudantes concretos, em circunstâncias concretas e ela pode mudar mesmo inadvertidamente de um tipo para outro, degradando o seu potencial educacional" (p. 206).

2.2.4. Estudos em Portugal que usaram o ET-SF

Em Portugal há vários estudos que usaram o ET-SF como quadro de referência para desenhar e implementar currículos no ensino secundário e no ensino superior. Lopes (2009) fez uma resenha dos estudos que utilizaram a situação formativa e nós destacamos os seguintes:

– Ensino da Física Geral nas Universidades Públicas Portuguesas e sua relação com o insucesso escolar (Cravino, 2004);

– O ensino da Física nos cursos de Engenharia Civil e o novo paradigma do Ensino Superior Europeu: proposta curricular para as disciplinas introdutórias de Física dirigidas ao curso de Engenharia Civil (Amaral, 2005);

– Desenvolvimento de currículos centrados em situações formativas – o papel das linguagens gráficas na aprendizagem (Saraiva, 2007);

– Desenvolvimento de currículos centrados em situações formativas – o papel das tarefas na aprendizagem (Melo, 2007);

– Proposta de currículo e respectiva avaliação centrado no tema Propriedades e Aplicações da Luz (Branco, 2005).

3. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO E ARTICULAÇÃO DAS DUAS FASES DO ESTUDO

Neste capítulo, vamos apresentar a questão geral de investigação e as questões de investigação formuladas (secção 3.1.), o design geral da investigação (secção 3.2.) e uma descrição geral do estudo, onde se apresenta a estruturação e articulação do estudo em duas fases, com um ensaio prévio à segunda fase (secção 3.3.).

3.1. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

O trabalho de investigação proposto está subordinado ao tema *Contributos para a Promoção de Aprendizagens de Qualidade em Química Introdutória no Ensino Superior*.

Propomo-nos encontrar alguns contributos para o problema geral de investigação:

– *Como promover a qualidade das aprendizagens dos estudantes, de uma disciplina do âmbito de química introdutória?*

procurando respostas para as seguintes três questões de investigação:

Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*

Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*

Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*

Através das respostas às questões de investigação, pretende-se contribuir com resultados empíricos das práticas de ensino que permitam melhorar as aprendizagens dos estudantes em conhecimentos, competências e atitudes, de uma disciplina do âmbito de química introdutória de uma licenciatura do ensino superior, partindo da concepção e implementação de um currículo e respectiva monitorização, e da relação das práticas de ensino em sala de aula com as aprendizagens alcançadas pelos estudantes, igualmente monitorizadas, durante os processos de ensino e de aprendizagem.

3.2. DESIGN GERAL DA INVESTIGAÇÃO

O delineamento da investigação e a selecção dos instrumentos de recolha de dados e das técnicas de análise a usar são determinados pelos propósitos da investigação (Cohen, Manion, & Morrison, 2001).

Tradicionalmente, a investigação em educação e, em particular, da didáctica das ciencias, segue um de dois tipos de metodologia: qualitativa e quantitativa (e. g. Coll & Chapman, 2000a; Erickson, 1998; Marshall & Rossman, 1999). A metodologia qualitativa usa técnicas de obtenção intensiva de dados, tais como a observação, entrevistas e descrições, o que permite estudar aprofundadamente aspectos particulares de interesse para os investigadores. Na medida em que a recolha e o tratamento de dados é muito laboriosa, os grupos estudados têm habitualmente um pequeno número de elementos, pelo que há investigadores que defendem que este facto não permite que os resultados sejam generalizáveis a outros contextos. Em oposição, os estudos quantitativos envolvem grupos com maior número de elementos do que na metodologia qualitativa, cujos dados são obtidos utilizando ferramentas como questionários e testes. Os dados são tratados com recurso à análise estatística, o que torna possível a quantificação dos assuntos em estudo e o estabelecimento de leis gerais e princípios. Daí os resultados deste tipo de metodologia serem mais generalizáveis. Portanto, os investigadores conseguem investigar mudanças e tendências e extrapolar os seus resultados para uma população alvo. Todavia, estes resultados são frequentemente menos detalhados.

Os investigadores que seguem esta classificação clássica da metodologia de investigação, ao depararem com as características contrastantes destes dois tipos de metodologia, têm frequentes vezes a necessidade de optar entre a compreensão minuciosa dos assuntos, facultada pelos estudos qualitativos, e a generabilidade dos resultados, obtidos com a abordagem quantitativa (e. g. Coll & Chapman, 2000a). Perante a dificuldade desta decisão, há investigadores que optam por usar uma abordagem que combina os dois tipos referidos (Coll & Chapman, 2000b; Mathison, 1988; White, 1997), o que, para além de minimizar as respectivas limitações, permite complementar a informação recolhida e tornar mais rico o conhecimento dos assuntos em investigação. A dicotomia da metodologia apresentada anteriormente, ou o seu uso complementar, torna esta classificação algo artificial. Por isso, há autores que propõem

que a escolha da metodologia de investigação a usar seja feita de acordo com as questões de investigação (Cohen et al., 2001; Coll & Chapman, 2000a; Lesh & Kelly, 2000; Mestre, 2000). Por exemplo, Cohen et al. (2001) apresentam e caracterizam vários tipos de investigação, de acordo com os seus fundamentos e propósitos, e os tipos de instrumentos utilizados e de dados obtidos.

Para o trabalho de investigação que nos propomos fazer, optámos por desenvolver vários *estudos de caso* (Cohen et al., 2001). Esta opção de *design da investigação*[5] está relacionada com a natureza das questões de investigação, que remetem para estudos que permitam obter informações mais detalhadas sobre os processos de ensino e de aprendizagem em contexto de ensino formal. Para tal, os estudos não podem incidir num número elevado de elementos, uma vez que o tipo de informação recolhida é minuciosa, detalhada e de elevada complexidade, pelo que a sua análise e a elaboração de conclusões seria uma tarefa penosa, senão mesmo impossível de realizar em tempo útil. Por outro lado, a generalização dos resultados não é o nosso objectivo, pois a questão geral da nossa investigação relaciona-se com o estudo dos aspectos de um desenho curricular, da sua implementação e gestão e do próprio professor que contribuem para promover aprendizagens de qualidade, pelo que o importante é estudar os processos de ensino e aprendizagem durante o seu percurso em sala de aula (ou fora dela, mas em contexto de ensino formal). Portanto, o que queremos não é encontrar traços de um método generalizável para produzir aprendizagens de qualidade, mas estudar a complexidade dos processos de ensino e de aprendizagem, algo que os estudos de caso podem proporcionar.

De acordo com Cohen et al. (2001), um *estudo de caso* " … é o estudo de uma circunstância em acção … ". Essa circunstância diz respeito a um sistema fechado, como uma criança, uma aula ou uma escola. Os estudos de caso podem estabelecer nexos de causa-efeito, já que um dos instrumentos de recolha de dados geralmente usado é a observação em contextos reais. Na medida em que os contextos são únicos e dinâmicos, os estudos de caso investigam e informam essa dinâmica complexa e as interacções presentes em acontecimentos, relações humanas e outros factores de uma

[5] Optámos pela expressão *design da investigação*, em vez de *metodologia da investigação*, pois entendemos que, como defendem Kelly e Lesh (2000), "o processo de investigação é mais a construção de um design complexo do que meramente a execução de um procedimento correcto".

única circunstância. O estudo de caso é, pois, um estudo das particularidades contextuais de um determinado caso.

No caso da nossa investigação, constituímos estudos de caso de dois tipos: de investigação-acção e avaliativos (Cohen et al., 2001). Segundo estes autores, a *investigação-acção* é uma intervenção em pequena escala no funcionamento do mundo real e uma análise dos efeitos de tal intervenção. A investigação-acção, também designada por investigação centrada no professor, ou investigação centrada na sala de aula, baseia-se numa perspectiva em que o investigador é também o professor, que analisa as suas práticas lectivas, faz-lhes alterações e avalia os efeitos destas alterações (Kelly & Lesh, 2000; Marshall & Rossman, 1999). Os estudos de caso *avaliativos* são usados como casos de referência, por exemplo, para se poder avaliar os ganhos obtidos com uma intervenção na sala de aula.

3.3. DESCRIÇÃO GERAL DO ESTUDO E ARTICULAÇÃO DAS DUAS FASES

Nesta investigação, pretendeu dar-se respostas às três questões de investigação, Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*, Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?* e Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*.

Esta investigação subdividiu-se em duas fases que decorreram ao longo de três períodos distintos dos anos lectivos de 2004/05 (1ª fase: 1º caso investigação-acção e 1º caso avaliativo), 2005/06 (2ª fase: 2º caso avaliativo) e 2006/07 (2ª fase: 2º caso investigação-acção). Entre estas duas fases decorreu um ensaio à segunda fase, que teve lugar no primeiro semestre do ano lectivo de 2005/06.

Assim, na primeira fase do estudo, que decorreu no primeiro semestre do ano lectivo de 2004/05, desenvolveu-se o primeiro estudo de caso de investigação-acção, ou seja, a primeira intervenção didáctica, com a concepção, implementação e gestão de um desenho curricular da disciplina de Química da licenciatura em Ecologia aplicada, da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Constituiu-se, ainda, um estudo de caso avaliativo, que decorreu em simultâneo.

Com a constituição da primeira fase procurou dar-se respostas às questões de investigação Q1, Q2 e Q3. Esta primeira fase do estudo permitiu responder parcialmente às questões Q1 e Q2 e a questão Q3 tornou-se mais clara para a professora/investigadora, ou seja, tornou-se mais claro o *como fazer* para melhor responder a esta questão.

Ou seja, a conclusão da primeira fase permitiu-nos encontrar bons indicadores para um ensino conducente a aprendizagens de qualidade, o que possibilitou a elaboração da segunda fase utilizando esses indicadores de bom ensino de uma forma mais articulada, consistente e sistemática, aspectos relevantes para responder mais adequadamente às questões de investigação Q1 e Q2 e, muito particularmente, à questão Q3.

Surgiu, então, a segunda fase do estudo, que decorreu no primeiro semestre do ano lectivo de 2006/07, com o segundo estudo de caso de investigação-acção, ou seja, a segunda intervenção didáctica, em que se implementou e geriu um desenho

curricular cuja concepção resultou de alterações significativas ao desenho concebido para a primeira fase. A disciplina em causa continuou a ser do âmbito de química introdutória, de duas licenciaturas da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Ecologia aplicada e Engenharia do Ambiente e dos Recursos Naturais). Constituiu-se, ainda, o segundo estudo de caso avaliativo, que decorreu no segundo semestre do ano lectivo anterior, 2005/06.

A, ainda, parca experiência lectiva e investigativa da professora/investigadora, após a primeira fase do estudo, conduziu à necessidade da realização de um ensaio à segunda fase. Este ensaio foi concebido como via para alcançar maiores níveis de confiança e de conforto para as mudanças a introduzir na segunda fase, particularmente, ao nível da apropriação do quadro teórico de referência pela professora/investigadora, com consequências evidentes para a concepção do desenho curricular e com implicações importantes na mediação das aprendizagens dos estudantes pela professora e, portanto, também na implementação e gestão do desenho curricular. Esta etapa do estudo decorreu no primeiro semestre do ano lectivo de 2005/06.

Portanto, para responder adequadamente às questões de investigação Q1 e Q2 recorremos à primeira e à segunda fases, embora aquelas sejam essencialmente respondidas com a primeira fase do estudo e complementadas com a segunda fase. Para responder à questão Q3, considerámos o conjunto da primeira fase, do ensaio para a segunda fase e da segunda fase, numa perspectiva histórica.

Pelo que foi acima explicado, surge uma secção com os resultados preliminares obtidos com os estudos de caso de investigação-acção e avaliativo de 2004/05 (secção 4.5.) e na secção 5.6. apresentamos os resultados de aprendizagem e sua relação com práticas de ensino relativamente aos estudos de caso de investigação-acção e avaliativo da segunda fase do estudo. No capítulo 6 apresenta-se a discussão dos resultados globais, as conclusões da investigação tomada como um todo, as limitações do estudo e sugerem-se trabalhos futuros.

4. PRIMEIRA FASE DO ESTUDO

Neste capítulo, vamos fazer uma apresentação sumária da primeira fase do estudo, na secção 4.1., onde caracterizamos o caso do tipo investigação-acção e o caso do tipo avaliativo, constituídos para responder às questões de investigação. Na secção 4.2. apresentamos o caso da 1ª intervenção didáctica (caso investigação-acção), com a descrição da concepção do desenho curricular (secção 4.2.1.) e a descrição dos instrumentos utilizados para a recolha de dados (secção 4.2.2.). Na secção 4.3. é feita a análise do ensino, com a descrição geral do ensino (secção 4.3.2.), a explicitação das categorias de análise (secção 4.3.1.) e a apresentação da análise de vários episódios do ensino, devidamente seleccionados para responder às questões de investigação (secção 4.3.3.). A análise dos dados relativos à aprendizagem é feita na secção 4.4., onde são apresentados os resultados obtidos com a observação directa e o teste de competências. A ligação das práticas do ensino aos resultados da aprendizagem e a sua relação com as questões de investigação é feita na secção dos resultados preliminares (secção 4.5.).

4.1. APRESENTAÇÃO SUMÁRIA DO ESTUDO

A primeira fase do estudo foi elaborada tendo em vista responder ao problema geral de investigação formulado e apresentado na secção 1.3. Recordemos as questões de investigação:

Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*

Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*

Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*

Para a primeira fase do estudo, constituímos um caso do tipo investigação-acção e um caso do tipo avaliativo (Cohen et al., 2001). A investigação-acção foi usada na concepção e na implementação e gestão de um desenho curricular. Para tal, fez-se a monitorização das aprendizagens dos estudantes e da implementação e gestão do próprio desenho curricular. Esta monitorização permitiu aproximar o currículo em acção ou efectivo (Lopes, 2004; Roldão, 1999) do currículo intencional ou pretendido (Lopes, 2004; Roldão, 1999), melhorando assim a qualidade do ensino e consequentemente a qualidade das aprendizagens dos estudantes. O caso avaliativo foi usado como caso de referência para se poder avaliar os ganhos relativos a algumas competências do campo conceptual Equilíbrios de Solubilidade.

Para o estudo do tipo investigação-acção, houve a necessidade de seleccionar o caso que pudesse proporcionar a investigação das questões de investigação propostas. Por isso, à partida, os estudantes e a professora de qualquer disciplina do âmbito de química introdutória serviriam. No entanto, era importante que estes estudantes tivessem formação em química pelo menos ao nível do 11º ano do ensino secundário, para que fosse possível a abordagem de conceitos ao nível da química introdutória. Por outro lado, na altura prevista para a implementação do desenho curricular, as universidades portuguesas, em particular as do interior do país,

deparavam com um decréscimo de estudantes interessados nas suas licenciaturas e cursos. Havia disciplinas de química introdutória com elevado número de estudantes, mas a maioria era repetente e apenas um muito pequeno número de estudantes era do 1º ano. Dada a natureza da intervenção a fazer, a professora teria de assegurar a totalidade das aulas dos seus estudantes, o que implicaria uma carga horária difícil de compatibilizar com o trabalho a desenvolver na disciplina, dificuldades de conciliação dos horários dos estudantes e da professora e um elevado número de situações académicas dos estudantes diferentes. Daí que a selecção da disciplina a estudar fosse uma decisão importante. Portanto, houve que estabelecer um compromisso razoável entre estas condições, o que nos conduziu à disciplina que a seguir se apresenta.

Para a investigação-acção, o caso é constituído por todos os estudantes -30- e respectiva professora, responsável por todas as aulas de uma disciplina do âmbito de química introdutória, Química, do 1º semestre do 1º ano da licenciatura em Ecologia Aplicada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, no ano lectivo de 2004/05. A nível institucional, as aulas desta disciplina estavam estruturadas, semanalmente, em duas aulas teóricas de 50 minutos cada e uma aula prática de 2 horas. Em 2004/05 funcionou uma turma, nas aulas teóricas, com a totalidade dos estudantes, leccionadas uma vez por semana num bloco de 110 minutos, e nas aulas práticas funcionaram três turmas com 12, 10 e 8 estudantes, respectivamente.

Da análise dos dados obtidos com a administração de um pequeno inquérito aos estudantes sobre as suas habilitações académicas ao nível do 11º e 12º anos (ver tabela 4.1 e Inquérito aos estudantes, na secção 4.2.2. – Instrumentos para recolha de dados), podemos apresentar os seguintes resultados:

• Responderam ao inquérito 24 estudantes. Estes não são a globalidade dos estudantes que constituíram o caso investigação-acção, pois o inquérito foi administrado no final das avaliações formais (exames) e nem todos eles compareceram. No entanto, como o inquérito foi preenchido anonimamente, não foi possível redimensionar o caso, mas como responderam 80% dos estudantes, consideramos que os resultados obtidos são ilustrativos da globalidade.

• Dos estudantes que responderam ao inquérito, 16 (67%) frequentaram a disciplina de Química do 12º ano, tendo obtido uma nota final média à disciplina de 12,5 valores (destes estudantes, só 12 indicaram a nota obtida, o que nos faz inferir que, possivelmente, os restantes sentiram constrangimentos na divulgação das suas

notas por serem muito baixas, ou anularam a inscrição à disciplina; assim, a média das notas obtidas à disciplina é, provavelmente, inferior a 12,5).

Tabela 4.1 – Resultados do Inquérito aos estudantes da disciplina de química introdutória do caso investigação-acção em 2004/05.

<table>
<tr><td colspan="7">Total de estudantes que responderam ao inquérito: 24</td></tr>
<tr><td colspan="4">Frequentaram Química no 12º ano: 16
(67%)
Média de nota de Química no 12º ano: 12,5
(mas só 12 indicaram a sua nota)</td><td colspan="3">Não frequentaram Química
no 12º ano: 8
(33%)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Realizaram prova específica de Química: 13
(81%)

Média de prova específica de Química: 11,6 (mas só 10 indicaram a sua nota)</td><td colspan="2">Não realizaram prova específica de Química: 3
(19%)</td><td colspan="3">Não realizaram prova específica de Química: 8</td></tr>
<tr><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 13</td><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 3</td><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 6
(75%)</td><td>Não frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 2
(25%)</td></tr>
<tr><td>Frequentaram Técnicas Lab. de Química: 8</td><td>Não frequentaram Técnicas Lab. de Química: 5</td><td>Frequentaram Técnicas Lab. de Química: 2</td><td>Não frequentaram Técnicas Lab. de Química: 1</td><td>Frequentaram Técnicas Lab. de Química: 5</td><td>Não frequentaram Técnicas Lab. de Química: 1</td><td>Não frequentaram Técnicas Lab. de Química: 2</td></tr>
</table>

• Dos estudantes que frequentaram Química no 12º ano (16), cerca de 80% (13) realizaram a prova específica de Química no final do 12º ano, a fim de se candidatarem ao ensino superior. Também neste caso, só 10 indicaram a nota obtida nesta prova, a que correspondeu a uma nota média de 11,6 valores (note-se que esta nota corresponde à média obtida por 10 estudantes, ou seja, de apenas 42% dos estudantes que responderam ao inquérito).

• Os estudantes que frequentaram Química no 12º ano (16) frequentaram igualmente a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos, mas só 63% (10) frequentaram a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

• Dos estudantes que *não* frequentaram Química no 12º ano, 8 (33%), nenhum realizou a prova específica de Química no final do 12º ano. Destes, apenas 6 frequentaram a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos, sendo 5 os estudantes que frequentaram a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

Portanto, dos estudantes que responderam ao inquérito, só 2/3 frequentaram Química no 12º ano (com nota final média de 12,5 valores) e a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos; destes, só 63% frequentaram a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química. Do terço de estudantes que não frequentou Química no 12º ano, nem todos frequentaram a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos (só 75% o fizeram) e menos ainda frequentaram a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

Quanto à professora, que é simultaneamente a investigadora, esta assumiu pela primeira vez a responsabilidade da totalidade das aulas de uma disciplina neste ano lectivo de 2004/05. No entanto, colabora na leccionação de aulas práticas e teórico-práticas do âmbito de química introdutória, desde 1993, já que as aulas teóricas ficam à responsabilidade de docentes já doutorados, de acordo com o critério usado no Departamento de Química da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Também tem colaborado na leccionação de aulas práticas do âmbito de química inorgânica, de química analítica e de didáctica da química. Estando o sistema de ensino superior português assente, essencialmente, numa estruturação das aulas por tipologias (teóricas, práticas e teórico-práticas), a experiência lectiva da professora até à altura baseou-se nas suas próprias experiências de aprendizagem enquanto estudante de uma licenciatura em Química – ramo científico – e na sua experiência enquanto docente. No que respeita às suas experiências de aprendizagem, esta professora/investigadora teve, assim, como referências de ensino, os seus professores. Estes, muitos com inquestionável competência científica, recorriam frequentemente a um discurso do tipo expositivo, tanto no domínio da apresentação de conceitos e das suas relações (nas aulas teóricas), como na aplicação desses conhecimentos em situações de contextos idealizados, laboratoriais, experimentais ou da vida real (nas aulas teórico-práticas e/ou laboratoriais). Outro aspecto muito marcado nas experiências de aprendizagem da professora/investigadora diz respeito à ausência, quase total, do estabelecimento de interligações entre os conceitos apresentados nas aulas teóricas e os necessários à compreensão de muitos trabalhos laboratoriais e até mesmo entre os conceitos teóricos e os postos em jogo na resolução de exercícios de aplicação dos conceitos em diversos contextos. Portanto, no que respeita às práticas de ensino da professora/investigadora enquanto docente do Departamento de Química, estas tiveram fortes referências nas suas experiências de aprendizagem enquanto estudante, por um lado. Por outro lado, essas práticas encontraram reforços

na estrutura prevista para as aulas de licenciaturas científicas variadas da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e nas características estipuladas para essas aulas pelos docentes responsáveis pelas disciplinas. Por exemplo, pode referir-se que, habitualmente, as aulas teóricas eram asseguradas por docentes já doutorados, os regentes das disciplinas, e as aulas teórico-práticas e/ou práticas asseguradas por docentes não doutorados. Os últimos limitavam-se a seguir as indicações dos regentes quanto aos conteúdos a ensinar, metodologias de ensino a usar e processos de avaliação, não participando nas decisões afectas às disciplinas. Na falta dessas orientações, cabia aos docentes das aulas teórico-práticas e/ou práticas a responsabilidade de fazerem opções.

Quanto ao perfil da docente como investigadora, nesta data, ele assentou principalmente na sua experiência investigativa enquanto estudante de estágio, na área de Química-Física Molecular, no último ano da sua licenciatura em Química – ramo científico. Apesar desta experiência ter sido enriquecedora do ponto de vista científico, nada trouxe de esclarecedor quanto às especificidades da investigação em didáctica das ciências. Aliás, a mudança de rumo no percurso académico da professora/investigadora foi algo relativamente recente e que foi tomando consistência apenas à medida que o trabalho de investigação para efeitos de doutoramento se foi definindo. Durante este processo, a professora/investigadora procurou aprofundar os seus conhecimentos na área da didáctica das ciências e, em particular, na didáctica das ciências físicas, com a ida a alguns encontros e congressos da área, não apresentando inicialmente trabalhos na área.

Para o caso avaliativo, optou-se por todos os estudantes -34- e respectiva professora de uma disciplina do âmbito de química introdutória, do 1º semestre do 1º ano de uma licenciatura de uma universidade portuguesa, no ano lectivo de 2004/05. A opção feita baseou-se, por um lado, na pronta disponibilidade manifestada pela professora em causa para uma possível colaboração no estudo e, por outro lado, nas características da disciplina em causa e nas características académicas dos respectivos estudantes e professora. Assim, uma parte importante dos conceitos a ensinar era coincidente nas duas disciplinas, tal como a natureza das relações entre os conceitos; diversas competências técnico-laboratoriais a desenvolver nas duas disciplinas também eram comuns. Tal como para a disciplina de Química do caso investigação-acção, as aulas estavam estruturadas, semanalmente, em duas aulas teóricas de 50 minutos

cada e uma aula prática de 2 horas. Funcionou uma turma, com a totalidade dos estudantes, nas aulas teóricas, e nas aulas práticas funcionaram 2 turmas com 16 e 18 estudantes, respectivamente. No horário das aulas práticas, decorreram aulas laboratoriais em cerca de 1/3 das aulas e, nos restantes 2/3, realizou-se a resolução de exercícios de aplicação de conceitos.

A estes estudantes foi administrado o mesmo inquérito usado no caso investigação-acção (ver tabela 4.2 e Inquérito aos estudantes, na secção 4.2.2. – Instrumentos para recolha de dados).

Tabela 4.2 – Resultados do Inquérito aos estudantes da disciplina de química introdutória do caso avaliativo em 2004/05.

<table>
<tr><td colspan="4">Total de estudantes que responderam ao inquérito: 28</td></tr>
<tr><td colspan="3">Frequentaram Química no 12º ano: 26 (93%)
Média de nota de Química no 12º ano: 15,5 (houve dúvidas numa nota, que se excluiu)</td><td>Não frequentaram Química no 12º ano: 2
(7%)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Realizaram prova específica de Química: 25

Média de prova específica de Química: 12,9</td><td>Não realizaram prova específica de Química: 1</td><td>Realizaram prova específica de Química: 1
(9 valores)</td><td>Não realizaram prova específica de Química: 1</td></tr>
<tr><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 25</td><td>Não frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 1</td><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 2</td></tr>
<tr><td>Frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 22</td><td>Não frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 3</td><td>Frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 1</td><td colspan="2">Frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 2</td></tr>
</table>

Da análise dos dados obtidos, podemos apresentar os seguintes resultados:

• Responderam ao inquérito 28 estudantes. Também, neste caso, estes estudantes não são a globalidade dos que constituíram o caso avaliativo, pois o inquérito foi administrado já no início do 2º semestre, no início de uma aula de apresentação e nem todos estavam presentes. No entanto, também aqui tivemos 82% de inquéritos preenchidos dos 34 possíveis, podendo assumir que os resultados obtidos são ilustrativos da globalidade.

• Dos estudantes que responderam ao inquérito, só 7% (2) *não* frequentaram a disciplina de Química do 12º ano, mas frequentaram a disciplina de Ciências

Físico-Químicas nos 10º e 11º anos e a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química. A nota final média obtida à disciplina de Química do 12º ano foi de 15,5 valores.

• Dos estudantes que frequentaram Química no 12º ano (26), todos, excepto um, realizaram a prova específica de Química no final do 12º ano, tendo sido obtida a nota média nesta prova de 12,9 valores (ou seja, foi a nota média obtida por 89% dos estudantes que responderam ao inquérito).

• Todos os estudantes que frequentaram Química no 12º ano frequentaram igualmente a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos e a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

• Dos estudantes que *não* frequentaram Química no 12º ano (2), um realizou a prova específica de Química, tendo obtido 9 valores.

Portanto, dos estudantes que responderam ao inquérito, 93% frequentaram Química no 12º ano (com nota final média de 15,5 valores), a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos e a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química. Destes, apenas um estudante não realizou a prova específica de Química, tendo os restantes obtido a nota média de 12,9 valores.

Relativamente à professora do caso avaliativo, várias conversas informais com a professora/investigadora do caso investigação-acção permitiram recolher alguns dados acerca das suas práticas lectivas.

A professora/colaboradora exerce funções docentes ligadas a disciplinas do âmbito de química introdutória e de química orgânica desde 1981, nomeadamente na leccionação de aulas práticas e teórico-práticas. Em 1994, ano em que prestou as suas provas de doutoramento em Química/Química Orgânica, assumiu a responsabilidade acrescida da leccionação de aulas teóricas de disciplinas do âmbito de química introdutória, sendo também a regente das mesmas. Em 2004/05, a professora/colaboradora assumiu a responsabilidade de todas as aulas da disciplina que integrou o caso avaliativo, tendo sido a primeira vez que essa disciplina funcionou, por se tratar de uma licenciatura recente. As aulas desta disciplina seguiram a tipologia habitual de teóricas, práticas e teórico-práticas. Das informações trocadas entre a professora/investigadora e a professora/colaboradora, pode inferir-se que, no início da carreira docente da professora/colaboradora, as suas práticas lectivas tinham, essencialmente, características de ensino expositivo. Ao longo da sua experiência profissional, a professora/colaboradora foi reflectindo sobre o seu ensino e sobre as

aprendizagens dos estudantes, e isso foi dando forma a, essencialmente, duas alterações nas suas práticas lectivas com alguns traços de mediação: a interpelação sistemática dos estudantes (muito mais do que fazia anteriormente) ao longo das aulas de apresentação teórica, tentando "pô-los a pensar e a serem eles a chegar a certas conclusões mediante os dados que lhes fornecia"; e a colocação dos estudantes, nas aulas teórico-práticas, a resolverem exercícios de aplicação de conceitos, sozinhos ou em grupos de 2 ou 3 elementos. Estas alterações foram utilizadas também na disciplina do caso avaliativo. Assim, nas aulas de apresentação de conhecimentos teóricos, a professora/colaboradora começava por apresentar aos estudantes o assunto a abordar. De seguida, interpelava os estudantes com o intuito de promover a mobilização dos seus conhecimentos prévios relativamente ao assunto em questão. O assunto era então aprofundado, com a introdução de conceitos novos, sempre suportados pela apresentação de acetatos com expressões matemáticas, figuras e/ou gráficos, e pela resolução de exercícios ilustrativos. A professora/colaboradora entende ser, ainda, importante relacionar os assuntos que se ensinam com a vida do dia-a-dia. Nas aulas teórico-práticas, os estudantes foram postos a resolver, em pequenos grupos, exercícios de aplicação de conceitos, seguindo o seu próprio ritmo de aprendizagem, trocando impressões com os colegas, ensinando-se uns aos outros, e tirando dúvidas com a professora. Esta evita escrever resoluções, ou parte delas, no quadro da sala, preferindo dar esclarecimentos individualmente. Nas aulas de laboratório, os estudantes executavam um procedimento laboratorial seguindo um enunciado, distribuído antecipadamente, com uma introdução ao trabalho laboratorial e as instruções técnicas. Aqui, não é exigido aos estudantes qualquer responsabilidade sobre o procedimento laboratorial e as suas aprendizagens são, na maioria das vezes, aplicações de conceitos já abordados ou apresentados na introdução do trabalho laboratorial ou ainda pela própria professora durante a aula. Outra tónica do ensino da professora/colaboradora é posta no ambiente de sala de aula, com particular atenção para a boa disposição, simpatia e bom humor da professora, algo considerado pela própria como fundamental para se "*chegar aos estudantes*" e para que estes aprendam "*com gosto*".

4.2. CASO DA 1ª INTERVENÇÃO DIDÁCTICA

4.2.1. Descrição do desenho curricular

A elaboração do desenho curricular passou por três etapas, que passamos a designar por I, II e III. Na etapa I, a professora/investigadora fez um trabalho de análise às componentes a incorporar no currículo (conhecimentos a ensinar, competências e atitudes a desenvolver, contextos de uso dos conceitos, entre eles, técnicas e procedimentos laboratoriais, e problemáticas ambientais). Na etapa II, a professora/investigadora tratou da exequibilidade institucional da intervenção didáctica. Finalmente, na etapa III, a professora/investigadora concebeu o desenho curricular a implementar. Apresentamos, de seguida, com maior detalhe, as etapas referidas.

Na etapa I, a professora/investigadora:

• Seleccionou as disciplinas leccionadas na licenciatura em Ecologia Aplicada cujos programas tivessem relação com conceitos de química introdutória. Analisou estes programas do ponto de vista dos conceitos e modelos teóricos a ensinar e das competências a desenvolver em cada uma. Desta forma, a professora/investigadora pretendeu seleccionar os conteúdos e competências para o desenho curricular em elaboração, de forma a estarem articulados com as necessidades das outras disciplinas. Ou seja, para que se ensinasse o necessário na disciplina de Química, evitando sobreposições com outras disciplinas ou lacunas graves na formação dos futuros licenciados.

• Discutiu com o coordenador da licenciatura em Ecologia Aplicada, da altura, quais os conceitos, modelos teóricos e competências relevantes supostamente a ensinar ou desenvolver na disciplina de Química, de forma a corrigir, clarificar e precisar a selecção feita no ponto anterior.

• Fez um levantamento e uma análise dos problemas ambientais às escalas global, regional e local susceptíveis de serem compreendidos e explicados com a ajuda da química. Este aspecto foi tido em conta dadas as razões apresentadas na fundamentação teórica relativamente a contextos CTS-A (secção 2.1.1.), por se

considerarem importantes para a formação científica dos estudantes dado o âmbito da licenciatura e por serem, supostamente, do interesse pessoal dos estudantes.

• Aprofundou os seus conhecimentos relacionados com o conceito de ambiente e nas áreas da ecologia, da biologia e da geologia, nomeadamente, apropriou os conceitos básicos fundamentais, explorou as relações existentes entre os conceitos seleccionados do ambiente, da ecologia, da biologia e da geologia e os de química, as inter-relações entre todos estes e as problemáticas ambientais seleccionadas, e ainda as interacções existentes entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente (Brescia, Arents, Meislich, & Turk, 1988; Buell & Girard, 1994; Burton, Holman, Pilling, & Waddington, 1994; Caldeira, Valadares, Neves, Vicente, & Teodoro, 2003; Calvo, Molina, & Salvachúa, 2001; Chang, 1998; Howard, 1998; Jones & Atkins, 2002; Mendonça, Dantas, & Ramalho, 2003; Pinto, Carvalho, & Fialho, 1998; Rocha & Vieira, 2000; Rodier, 1984; UNESCO, 2002; Williams, 2001). Este trabalho vem ao encontro do objectivo de se conceber o desenho curricular segundo uma perspectiva CTS-A, destacando a integração dos conceitos e das competências nos contextos.

• Discutiu com uma especialista na área científica de química, com formação relevante no âmbito de química introdutória, quais os conceitos, modelos teóricos, suas relações e competências essenciais no ensino e aprendizagem da disciplina de Química e quais as inter-relações fundamentais entre esses conceitos e modelos e os seus contextos de uso, entre eles, técnicas e procedimentos laboratoriais, e os problemas ambientais relevantes para os estudantes em questão. Esta discussão permitiu que a professora/investigadora fizesse uma selecção mais minuciosa e rigorosa dos conhecimentos a ensinar e das competências a desenvolver na disciplina de Química.

• Analisou, com um especialista em didáctica das ciências físicas, os conceitos e os modelos teóricos de química seleccionados, de forma a construir uma rede de campos conceptuais, identificando os conceitos centrais (ver figura 4.1), as relações entre eles e com os restantes conceitos. Foram ainda estabelecidas as relações entre os conceitos e os seus contextos de uso. Ou seja, esta reflexão epistemológica sobre a química permitiu conceber um desenho preliminar do que viria a tornar-se o desenho curricular a implementar.

• Seleccionou o conjunto de atitudes a desenvolver nos estudantes na disciplina de Química.

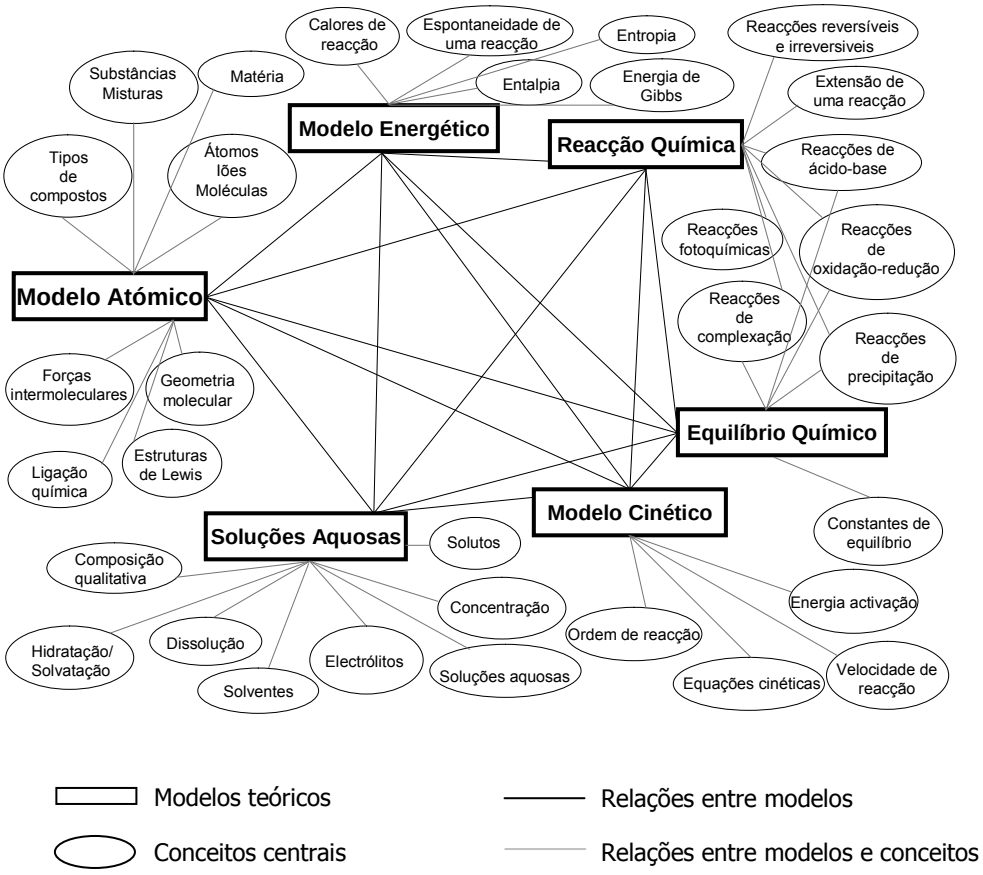


Figura 4.1 – Rede conceptual dos conceitos centrais e dos modelos teóricos a ensinar na disciplina de Química do caso investigação-acção do ano de 2004/05[6].

Na etapa II, a professora/investigadora tratou da exequibilidade institucional da intervenção didáctica. Para isso, solicitou aos órgãos competentes:

• Autorização para leccionar, num só bloco horário, as aulas designadas convencionalmente de *teóricas*, a fim de maximizar o rendimento da execução de trabalhos em grupo;

• Uma sala de aula com pequenas mesas, em vez dos tradicionais anfiteatros, a fim de possibilitar a realização de trabalhos em pequenos grupos no horário das aulas *teóricas*, e com um quadro e um retroprojector (estas duas últimas opções

[6] A rede conceptual foi, no estudo de caso da segunda fase, elaborada mais detalhadamente, com a inclusão dos contextos de uso.

vieram ao encontro dos recursos habitualmente disponíveis, à data, nas salas de aula da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro);

• Uma sala de aula suplementar, com as mesmas características que a anterior, disponível no horário das aulas *práticas*, para o funcionamento de aulas que não as de laboratório;

• A disponibilização de apoio audiovisual para a exibição de um filme para os estudantes no início das aulas.

Na etapa III, a investigadora concebeu o desenho curricular. Para isso:

• A professora/investigadora pensou, inicialmente, em ensinar os conceitos de química seleccionados contextualizando-os em problemas ambientais que se integrassem nas várias componentes (*esferas*) da Terra: a atmosfera, a litosfera, a hidrosfera e a biosfera. Sendo a biosfera o conjunto dos organismos vivos e o seu meio circundante imediato, tornam-se mais claras as interacções do tipo CTS-A. Assim, seriam abordados problemas ambientais como os fogos florestais, as chuvas ácidas, o efeito de estufa, a poluição das águas, a contaminação dos solos, etc., essencialmente de origem antropogénica, usando para abordagem do ensino a estratégia CTS-A, em que a química teria um papel de destaque na compreensão e resolução dos vários problemas ambientais. O vasto número de problemas ambientais permitiria abordar um problemática das águas elevado número de conceitos de química introdutória e, por outro lado, permitiria abordar os mesmos conceitos em vários contextos, melhorando a qualidade das aprendizagens. Apresentamos, de seguida, um primeiro esboço desta articulação (tabela 4.3 e figura 4.2).

• Após este trabalho ter sido feito, a professora/investigadora percebeu que a abordagem dos conceitos de química seleccionados neste vasto número de contextos ambientais implicaria uma de duas situações: (i) ou a abordagem conceptual teria de ser muito superficial, logo, correr-se-ia o risco de transformar o ensino da química em educação ambiental ou (ii) ter-se-ia de seleccionar um menor número de contextos e de conceitos a abordar para que estes pudessem ser estudados em profundidade (embora ao nível de uma química introdutória). Assim, optou-se por abordar apenas alguns problemas ambientais que permitissem o estudo contextualizado dos conceitos centrais, e optou-se pela.

Tabela 4.3 – Conceitos centrais a aprender pelos estudantes na disciplina de Química e sua articulação com os problemas ambientais a abordar, agregados de acordo com as esferas da Terra (proposta prévia, que se veio a abandonar).

Esferas da Terra	Problemas Ambientais	Conceitos centrais a ensinar
Introdução	Todos	- Química. Ciência. Tecnologia. Sociedade. Ambiente. - Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente. - Ecossistemas. Recursos. Desenvolvimento Sustentável.
Litosfera	Esgotamento de recursos fósseis e minerais. Contaminação do solo. Degradação química dos solos. Extracção metálica.	- Tipos de matéria. - Estados de agregação da matéria. - Propriedades da matéria. - Fórmulas químicas. - Tipos de compostos. - Ligação química. - Geometria molecular. - Tipos de sólidos. - Compostos inorgânicos. - Compostos orgânicos. - Reacções de dissolução. - Reacções de ácido-base. - Reacções de hidrólise e de hidrólise ácida. - Reacções de complexação. - Reacções de precipitação. - Reacções redox. - Termoquímica. - Termodinâmica.
Hidrosfera	Poluição aquática. Degradação química dos solos. Chuvas ácidas. Degradação de monumentos. Contaminação por metais pesados (minas).	- Tipos de águas naturais. - Tipos de soluções. - Concentração de soluções. - Propriedades coligativas. - Ligação química. - Estruturas de Lewis. - Geometria molecular. - Forças intermoleculares. - Processo de dissolução. - Calores de dissolução. - Cinética química. - Equilíbrio químico. - Equilíbrio de ácido-base. - Equilíbrio de complexação.

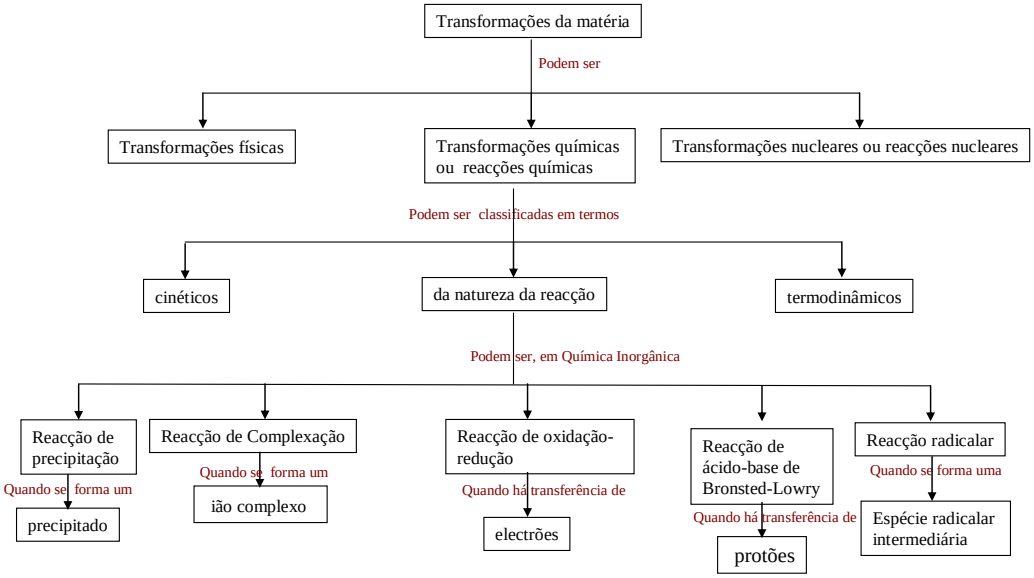
		- Equilíbrio redox. - Equilíbrio de precipitação.
Atmosfera	Fogos florestais. Actividade vulcânica. Actividade industrial. Circulação rodoviária. Destruição da camada de ozono. Aquecimento global. Efeito de estufa. Chuvas ácidas.	- Gases Perfeitos. - Reacções fotoquímicas. - Ligação química. - Estruturas de Lewis. - Geometria molecular. - Reacções de ácido-base.
Biosfera	Destruição de florestas. Esgotamento de recursos piscícolas. Problemas de saúde na espécie humana.	Os problemas ambientais referidos estão relacionados com os já anteriormente mencionados, pelo que os conceitos a abordar serão os mesmos.

• Assim, o currículo foi estruturado em cinco unidades, correspondendo cada unidade a uma problemática conhecida dos estudantes, onde se inserem contextos do âmbito do ambiente[7]. Os conhecimentos a aprender e as competências e atitudes a desenvolver em cada unidade foram os relevantes e adequados à compreensão da problemática em causa e os necessários e esperados, neste nível da licenciatura, para a formação química destes futuros ecólogos (ver tabelas 4.4 e 4.5).

• Em cada unidade curricular recorreu-se a uma ou mais fichas de trabalho (ver anexo I) que foram concebidas para dar forma ao trabalho prático em grupo (TP). Este integrou três componentes: a(s) situação(ões) química(s), os recursos fornecidos e as tarefas propostas aos estudantes. Cada situação ou conjunto de situações químicas foram seleccionados de acordo com o seu enquadramento na problemática da unidade curricular, servindo de ponto de partida para o ensino de conceitos e suas relações e/ou para o desenvolvimento de competências e atitudes.

[7] O desenho curricular foi, no estudo de caso da segunda fase, concebido em termos de situações formativas, e não de unidades curriculares, o que possibilitou a sua estruturação em termos de uma rede de situações formativas.

Transformações da matéria e classificação das reacções químicas



Classificação de reacções químicas em termos termodinâmicos

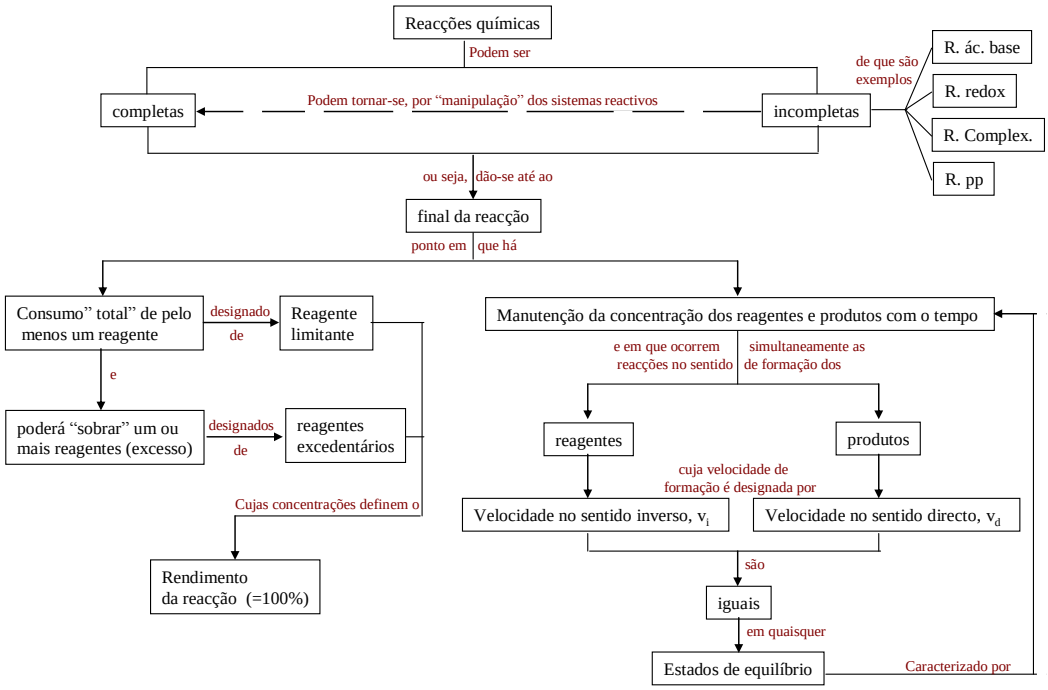


Figura 4.2 – Redes conceptuais preliminares dos conceitos a ensinar na disciplina de Química.

Tabela 4.4 – Competências e atitudes a desenvolver pelos estudantes na disciplina de Química no ano de 2004/05.

Competências	Competências transversais no âmbito da licenciatura em Ecologia Aplicada: **CT1**-Identificar e formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem formulados, compreendidos/interpretados e resolvidos com a ajuda da química; **CT2**-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos; **CT3**-Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira; **CT4**-Comunicar informação e conhecimentos de cariz científico de uma forma correcta e clara; **CT5**-Aprender a aprender. Competências específicas no âmbito da disciplina de Química: **CE1**-Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes; **CE2**-Identificar problemas em situações químicas relevantes para a disciplina; **CE3**-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações; **CE4**-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química; **CE5**-Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas; **CE6**-Estruturar relações entre conceitos de química; **CE7**-Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos; **CE8**-Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro; **CE9**-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em química; **CE10**-Efectuar operações laboratoriais essenciais; **CE11**-Executar montagens laboratoriais em química com destreza e autonomia; **CE12**-Trabalhar num laboratório de química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.

Atitudes	Atitudes transversais no âmbito da licenciatura em Ecologia Aplicada: - Assumir responsabilidade, enquanto membro da espécie humana, relativamente ao futuro sustentável do planeta Terra; - Desenvolver comportamentos individuais e sociais adequados ao ambiente, face ao conhecimento adquirido; - Assumir responsabilidade sobre a sua aprendizagem; - Assumir responsabilidade e seriedade na execução de tarefas propostas; - Cultivar a qualidade das iniciativas, tarefas e trabalhos (processos e produtos) que executem; - Cultivar a preocupação ética e ecológica em todas as iniciativas, tarefas e trabalhos que executem; - Reconhecer a utilidade social do conhecimento científico e tecnológico na influência de mudanças na sociedade; - Assumir responsabilidade individual no âmbito do trabalho colectivo, respeitando os compromissos assumidos no âmbito de uma divisão de tarefas no grupo; - Respeitar as opiniões dos outros, entre eles, colegas, dispondo-se a entender e a discutir argumentos contrários, mas também defendendo de forma fundamentada os seus pontos de vista, tendo como meta a construção de conhecimento, a procura de respostas a problemas ou a execução de tarefas. Atitudes específicas no âmbito da disciplina de Química: - Reconhecer o papel-chave que a educação em ciência, particularmente a educação em química, pode desempenhar na formação de cidadãos activos na construção de um futuro sustentável; - Reconhecer a relevância da química na compreensão/interpretação e procura de soluções de problemas da sociedade e do planeta Terra.

Tabela 4.5 – Modelos teóricos e conceitos centrais a aprender pelos estudantes na disciplina de Química e sua articulação com as problemáticas ambientais a abordar e com as unidades curriculares[8].

[8] No estudo de caso posterior, houve a preocupação acrescida de esta análise epistemológica dos conteúdos de ensino ser mais cuidada e extensa.

Unidade curricular	Modelos teóricos e conceitos centrais
1. Introdução à Disciplina	- Química. Ciência. Tecnologia. Sociedade. Ambiente. - Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente. - Ecossistemas. Recursos. Desenvolvimento Sustentável.
2. Águas	- Tipos de matéria. - Estados de agregação da matéria. - Propriedades da matéria. - Fórmulas químicas. Fórmulas moleculares. Fórmulas empíricas. - Nomenclatura de compostos inorgânicos. - Tipos de soluções. - Concentração e diluição de soluções. - Unidades de concentração de soluções. - A medição em Química. - Ligação química: Notação de Lewis. A ligação iónica. A ligação covalente. Geometria molecular. Momentos dipolares. Teoria da ligação de valência. - Forças intermoleculares. - Perspectiva molecular do processo de dissolução. - Efeito da temperatura na solubilidade. - Efeito da pressão na solubilidade dos gases.
3. Chuvas Ácidas	- Reacções em solução aquosa: Reacções de ácido-base. Reacções de precipitação. Reacções de oxidação-redução. Reacções de complexação. - Acerto de equações de oxidação-redução. - Equivalente ácido-base. Equivalente redox. Equivalente de um sal. - Reacções químicas e relações de massa. Reagente limitante. Reagente em excesso. - Cinética química: Velocidade de reacção. Equações cinéticas. Relação entre as concentrações dos reagentes e o tempo. - Equilíbrio químico: O conceito de equilíbrio. Constante de equilíbrio. Relação entre cinética química e equilíbrio químico. Factores que afectam o estado de equilíbrio. - Equilíbrio de ácido-base: Conceitos de ácido e de base de Arrhenius e de Bronsted-Lowry. Propriedades ácido-base da água. Noção de pH. As forças dos ácidos e das bases. Constantes de ionização dos ácidos fracos e bases fracas. Ácidos dipróticos e polipróticos. Propriedades ácido-base dos sais:

	hidrólise. Efeito de ião comum. Soluções tampão. Estudo quantitativo das titulações ácido-base.
4. Estabilidade de Espécies Químicas em Águas Naturais	- Equilíbrio de solubilidade: Solubilidade e produto de solubilidade. Solubilidade e efeito do ião comum. Solubilidade e pH. Solubilidade e equilíbrios de complexação.
5. A Entropia e o Desenvolvimento Sustentável	- Energia. Trabalho. - Variações de energia em reacções químicas. - Calorimetria: Conceito de entalpia. Entalpia padrão de formação e reacção. Calores de dissolução e de diluição. - A primeira lei da Termodinâmica. - Processos espontâneos e entropia. - A segunda lei da Termodinâmica. - Energia de Gibbs. Energia de Gibbs e equilíbrio químico. - A terceira lei da Termodinâmica.

• Foram elaborados ou adaptados recursos como forma de apresentar aos estudantes as situações químicas ou de facultar informações relevantes (por exemplo, textos, notícias, artigos, fotografias, filmes ou demonstrações científicas simples). As tarefas assumiram um papel primordial, pois foram concebidas de forma a contribuírem para a promoção dos aspectos seguintes: (i) a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes, desencadeada pela análise da(s) situação(ões) química(s); (ii) a reestruturação dos conceitos mobilizados e das suas relações; (iii) a apropriação de novos conceitos; (iv) a reestruturação do campo conceptual em jogo; (v) a procura de novas informações, (vi) o delineamento da resolução de problemas e (vii) o desenvolvimento de outras competências e atitudes.

Vejamos, como exemplo, a ficha de trabalho nº2, que foi elaborada para a unidade curricular 1 – *Introdução à Disciplina* (figura 4.3). Esta começa com uma pequena introdução, que recomenda aos estudantes o visionamento de um filme e a leitura de um texto (os recursos), antes de responderem a várias questões (as tarefas). Na tarefa 1.a), os estudantes têm de referir cinco problemas ambientais que conheçam. A mobilização dos seus conhecimentos prévios é facilitada pelas situações ecológicas e/ou químicas que estão referidas no filme, por exemplo, o esgotamento de recursos naturais, como o petróleo, a contaminação dos solos devido a aterros sanitários, a poluição atmosférica devido à actividade industrial, os incêndios florestais,

as chuvas ácidas, entre muitas outras. Na tarefa 1.b), pretende-se que se relacionem acontecimentos sociais (a revolução industrial e consequente aumento demográfico, aumento da esperança de vida, etc.) com problemas ambientais (exploração intensiva de recursos fósseis e minerais, por exemplo), em que, uma vez mais, as situações focadas e brevemente analisadas no filme servem de âncora à mobilização de conceitos, à reestruturação dos conceitos mobilizados e das suas relações, à apropriação de eventuais novos conceitos e à reestruturação dos campos conceptuais em jogo. Com a tarefa 2.a), pretende-se o mesmo que na tarefa anterior, mas desta vez recorrendo a uma dinâmica diferente, em que o texto serve de via para a apresentação de conceitos novos (tipos de desenvolvimento económico, como o *desenvolvimento sustentável*) e a execução da tarefa facilitará a apropriação de conceitos, a sua aplicação em contexto e, consequentemente, a reestruturação dos campos conceptuais em jogo. Na tarefa 2.b), os estudantes deverão associar os nomes dos conceitos teóricos aprendidos (*exploração incontrolada*, *conservacionismo sem concessões* e *desenvolvimento sustentável*) aos seus significados, mobilizados na tarefa anterior. O mesmo acontecerá com a tarefa 3. Na tarefa 4, pretende-se que os estudantes vão mais além, sendo-lhes dada a autonomia de seleccionarem as situações a analisar e de identificarem e explorarem as relações existentes entre a sociedade, a ciência, a tecnologia e o ambiente em cada situação escolhida. Nesta tarefa, são os estudantes que fazem o delineamento do seu percurso de aprendizagem conceptual, sendo eles próprios que formulam problemas (por exemplo, *"Que problemas ambientais é que nos traz o uso de fornos microondas?"*, …) e que procuram dar-lhes respostas. Finalmente, a tarefa 5 foi concebida de modo a causar nos estudantes uma necessidade: a de saber, em termos mais concretos, quais os contributos da química para a compreensão e resolução dos problemas ambientais, o que facilitará a apropriação de novos conceitos de química a apresentar nas aulas seguintes.

Ficha de trabalho n.º 2

Veja atentamente o programa *Ambiente e Crescimento Demográfico* do filme *Educação Ambiental* da Universidade Aberta (leia previamente o questionário para que possa estar mais atento durante o visionamento do filme). Se entender necessário, vá registando ideias-chave das mensagens transmitidas no filme.

Leia atentamente o texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental* (anexo).

Em grupos de 3 ou 4 alunos, discuta e responda às questões seguintes.

1. Considere o filme que visionou.
   a) Refira pelo menos 5 problemas ambientais, à escala global, que conheça.
   b) A partir do século XVIII, ocorreu uma transformação irreversível na sociedade, que mudou as condições de vida das populações e iniciou a exploração intensiva dos recursos fósseis e minerais. A que acontecimento se refere esta afirmação?

2. Atente agora no texto fornecido.
   a) Que problemas ambientais terá originado a caça massiva do elefante africano? E a sua total proibição? Qual a sua opinião quanto a permitir a sua captura para limitar o seu número e fomentar a utilização da sua carne, da sua pele e dos seus dentes?
   b) Com que modelos de desenvolvimento se podem comparar cada uma das três opções referidas na questão anterior?

3. Que modelos de desenvolvimento estão patentes no filme? Explique.

4. Muitos dos problemas ambientais têm origem antropogénica (i.e., na actividade humana), particularmente devido a usos que a sociedade faz da ciência e da tecnologia. Indique 3 casos concretos de avanços científicos e/ou tecnológicos que estejam na origem de problemas ambientais e descreva, sucintamente, estas relações em cada exemplo.

5. Qual o papel (ou papéis) que lhe parece que a Química, como ciência, desempenha na problemática ambiental?

ANEXO

DIFERENTES ALTERNATIVAS À PROBLEMÁTICA AMBIENTAL *

Face aos problemas ambientais gerados pelo aumento demográfico, o esgotamento dos recursos e o aumento da poluição ambiental, podem adoptar-se três tipos de postura política: *exploração incontrolada*, *conservacionismo sem concessões* e *desenvolvimento sustentável* (Fig. 1).

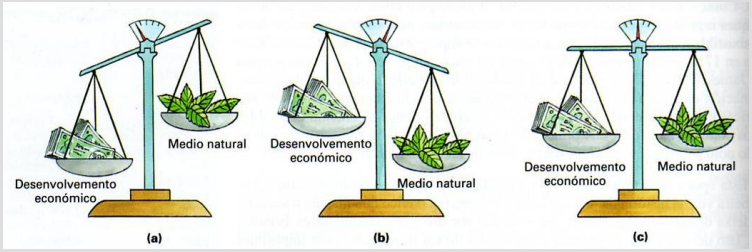


Fig. 1 – Modelos de desenvolvimento: **(a)** Exploração incontrolada (ganha o desenvolvimento económico). **(b)** Conservacionismo sem concessões (ganha o meio natural). **(c)** Desenvolvimento sustentável (equilíbrio entre o desenvolvimento económico e o meio natural).

***Desenvolvimento**: é um processo mediante o qual aumenta o bem-estar individual e colectivo, de forma qualitativa e quantitativa. Portanto, por si só não é indesejável, a não ser que esteja acompanhado de uma deterioração ambiental. O desenvolvimento implica uma melhor educação, mais emprego, mais saúde, mais justiça, mais liberdade, mais democracia, menos discriminação e menos pobreza. A conclusão é que desenvolvimento e meio ambiente não devem ser conceitos que se excluam mutuamente.*

Exploração Incontrolada

É uma das consequências da industrialização. Baseia-se na geração de riqueza e de bens de consumo que promovam um crescimento (ou desenvolvimento) económico sem ter em conta a degradação do meio natural. Neste modelo, supõe-se ilimitada a energia proveniente dos combustíveis fósseis.

Mas o certo é que se trata de recursos limitados, cujas reservas são, de dia para dia, de mais difícil acesso e que requerem muita energia para a sua extracção. Os recursos fósseis são finitos, poluem, alteram os ciclos naturais e, portanto, não se pode manter um crescimento económico sustentado à custa deles. Existem sérias ameaças de que o seu limite está próximo. E o que acontecerá quando se esgotarem? Então, paralisar-se-á o crescimento económico e sobrevirá o seu declínio e o seu colapso. A solução que se propõe com este tipo de política é a procura de outros tipos de recursos para a sua exploração.

Conservacionismo sem concessões

A diminuição das reservas de muitos recursos não renováveis (como os recursos fósseis e os recursos minerais), a limitação dos renováveis (como a água), o número de espécies em perigo de extinção, o aumento da poluição e o esgotamento das terras pela expansão agrícola converteram-se em sérias ameaças. Pouco a pouco, por todo o mundo começou a tomar-se consciência do preço que estávamos a pagar pelo progresso económico. Esta preocupação foi alvo de discussão na **Conferência da Assembleia Geral da ONU de Estocolmo,** em 1972 (primeira conferência das Nações Unidas sobre Ambiente). Nela, pela primeira vez, ficou claro que a única maneira eficaz de abordar os problemas ambientais é de um ponto de vista global, isto é, à escala planetária e não mediante políticas isoladas. No entanto, deu-se uma clivagem profunda entre os países: os industrializados ou ricos (do Norte) e os não industrializados ou pobres (do Sul). Estes últimos forneciam matérias-primas e compravam os produtos transformados ao Norte.

A dialéctica Norte-Sul tornou-se muito difícil, pois tinham problemas diferentes. Os países ricos preocupavam-se com a poluição devida à sua industrialização e começaram a valorizar o meio natural, como fonte de benefícios para a saúde. Por outro lado, começaram a duvidar de dois postulados básicos da sua fase de desenvolvimento industrial: o da omnipotência do homem (que solucionaria qualquer problema com os avanços tecnológicos) e o da ideia de que a Natureza é indestrutível (capaz de suportar qualquer impacte). Aos países pobres (ou em vias de desenvolvimento) interessava-lhes desenvolver-se economicamente para erradicar a pobreza da sua crescente população e para atenuar a sua ruína económica, devida a uma sempre crescente dívida externa.

Assim, os países industrializados propuseram travar o desenvolvimento, ou seja, *conservacionismo sem concessões*, cujo objectivo era travar o avanço económico para evitar danos no ambiente, proteger o meio natural com medidas restritivas e evitar a superpopulação e o esgotamento de recursos. Estas medidas eram viáveis para eles, visto terem atingido níveis elevados de desenvolvimento. No entanto, não interessavam, de modo algum, aos países pobres, que lutavam pelos recursos básicos com os quais pretendiam manter a sua população crescente e que procuravam um desenvolvimento económico, ao estilo do Norte, para os seus próprios países.

Hoje em dia, o conservacionismo sem concessões não convence praticamente ninguém.

Desenvolvimento sustentável

A destruição do meio ambiente pode significar o fim do bem-estar económico e só os projectos de desenvolvimento compatíveis com o meio natural produzem benefícios duradouros.

Uma atitude inovadora face ao ambiente foi apresentada, em 1987, no Relatório Brundtland produzido pela Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento. Neste documento, intitulado *O nosso futuro comum*, define-se *Desenvolvimento sustentável* como "(...) o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras verem, de igual modo, satisfeitas as suas próprias necessidades". As duas palavras que compõem a designação deste modelo de desenvolvimento juntam o desenvolvimento económico de todas as nações (*desenvolvimento*) ao cuidado com o meio ambiente, para que possa manter-se para as gerações futuras (*sustentável*).

Uma sociedade sustentável controla o seu crescimento económico, a poluição, o esgotamento de recursos e o tamanho da sua população para que não exceda a capacidade da Natureza para manter a população sem deteriorar nem hipotecar as possibilidades das gerações futuras.

Em 1987, uma grande parte dos governantes mundiais assinou o **Protocolo de Montreal**, que visou alcançar-se uma redução de 50 % no uso de clorofluorocarbonetos (CFCs), substâncias destruidoras da camada de ozono, até 1999.

Na **Cimeira do Rio de Janeiro**, ou **Cimeira da Terra,** em 1992 (conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento), colocou-se este conceito numa Declaração de Princípios (Carta à Terra, pp. 343) e concretizou-se no documento chamado **Agenda 21**, no qual se expõem as estratégias necessárias para atingir o desenvolvimento sustentável no século XXI. Estas estratégias baseiam-se numa gestão global, sem fronteiras nem diferenças entre os países, em erradicar a pobreza, em equiparar o nível de vida de todas as pessoas, em gerir melhor os recursos e na protecção dos ecossistemas. Os países ricos comprometeram-se a reduzir o seu consumo energético e a poluição e a destinar 7 % do seu produto interno bruto para proporcionar um desenvolvimento sustentável ao Sul.

Este, por sua vez, ficou de proteger as suas florestas e criar condições para o seu desenvolvimento sustentável com o financiamento proporcionado pelo Norte que, longe de ser o estipulado, se viu reduzido nos últimos anos.

Posteriormente, em 1997, realizou-se a **Conferência de Quioto**, onde se debateu o problema das alterações climáticas e que conduziu ao protocolo sobre a redução das emissões dos gases que contribuem para o efeito de estufa.

Em 2002, teve lugar a **Cimeira da Terra de Joanesburgo**. Desta cimeira saíram dois documentos: um **Plano de Acção** e a **Declaração de Joanesburgo sobre o Desenvolvimento Sustentável**, que dão conta das formas de conciliar o crescimento económico, a luta contra a pobreza e o desenvolvimento do terceiro mundo com a preservação ambiental do planeta. Embora os discursos dos líderes mundiais tenham sido inflamados, aqueles ficaram reduzidos a compromissos vagos e frágeis, por não se terem traduzido em metas e acções concretas.

Continuam agendados novos encontros internacionais, o que demonstra o empenho de muitos países em procurar soluções para os actuais problemas ambientais.

Segundo Herman Daly, economista e ex-director do Banco Mundial de Desenvolvimento (pertencente ao Conselho Económico e Social das Nações Unidas), há três propostas para a consecução de um desenvolvimento sustentável relativamente ao uso dos recursos:

1. Que a taxa de consumo dos recursos renováveis seja igual ou inferior à taxa de renovação dos mesmos.
2. Que se racionalize o consumo de recursos não renováveis e que se empreguem parte dos benefícios gerados pelo seu consumo na investigação e desenvolvimento de fontes de recursos renováveis eficazes, que possam substituir os não renováveis quando estes começarem a escassear.
3. Que o aumento de poluição não exceda a capacidade de assimilação do mesmo por parte do meio.

Para evitar ultrapassar a capacidade de sustentação da Terra e poder sobreviver de uma forma digna, temos de aprender a viver dos seus *lucros* em vez do seu *capital*. Os do Norte devem limitar o consumo de recursos por pessoa e os do Sul têm de aumentá-los até atingir uma melhor qualidade de vida. Simultaneamente, há que conseguir um controlo demográfico nos países onde seja necessário.

Resumindo, devemos viver em equilíbrio com os sistemas naturais dos quais dependemos. E, em contraste com a Revolução Industrial, que se baseou na sobreexploração dos recursos não renováveis, devemos dirigir os nossos esforços para conseguir outros recursos energéticos de menor impacte ambiental. Desta forma, o futuro tratará de comprovar se somos capazes de fazer com que a economia mundial seja sustentável relativamente ao meio ambiente. Se isto se conseguir, teremos uma revolução ambiental, que produzirá uma maior segurança económica, modos de vida mais saudáveis e uma melhoria mundial da qualidade de vida.

* Adaptado de Calvo, Diodora; Molina, M.ª Teresa; Salvachúa, Joaquín (2001). *CIENCIAS DA TERRA E DO MEDIO AMBIENTE 2º Bacharelato*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Figura 4.3 – Ficha de trabalho nº2 e texto anexo *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental*.

• Para além do TP apresentado sob a forma de fichas de trabalho, concebeu-se outro tipo de trabalho prático que assumiu um lugar de destaque: o trabalho laboratorial. Por se tratar de um tipo de trabalho com características especiais, apresentam-se abaixo mais detalhes do trabalho laboratorial.

• Prepararam-se ainda outros tipos de recursos, como o material e o equipamento de laboratório, os reagentes e o material bibliográfico de apoio à disciplina, com particular ênfase para os trabalhos laboratoriais.

• Outro aspecto fundamental deste desenho curricular é a avaliação. A avaliação foi pensada sob várias vertentes: a avaliação das aprendizagens dos estudantes, para efeitos da atribuição de uma nota final à disciplina; a avaliação das aprendizagens dos estudantes para efeitos de melhor implementar e gerir o desenho curricular e com isso melhorar as aprendizagens dos estudantes; a avaliação das aprendizagens dos estudantes, do desenho curricular e da sua implementação e gestão para efeitos investigativos. Dada a natureza complexa da avaliação no caso presente, apresentamos à frente a avaliação detalhadamente.

• Os aspectos anteriores foram integrados na construção do currículo, de forma a constituir um todo coerente e articulado.

• Todo o trabalho descrito acima permitiu produzir os documentos a disponibilizar aos estudantes, nomeadamente, o programa da disciplina (anexo II), as fichas de trabalho e os recursos necessários (anexo I), os enunciados dos trabalhos laboratoriais (Dirren, 1980; Malm, 1980; McLellan, 1984; Shakhashiri, Haight, JR., Hanson, & Dirren, 1979) (anexo III), as fichas com propostas de exercícios de aplicação dos conceitos e suas relações (Figueiredo, Peixoto, & Marques, 2004), que designámos por fichas teórico-práticas (anexo IV) e que se destinavam a ser resolvidas pelos estudantes, fora das aulas, e o dossier de apoio aos trabalhos laboratoriais. Este dossier foi elaborado a partir da selecção de partes de várias publicações (Carvalho, 1996; Jones & Atkins, 2002; Rodier, 1984; Skoog, West, & Holler, 1996; T. S. Simões, Saraiva, Queirós, & M. O. Simões, 1993; Summerlin & Ealy, Jr., 1993), incluindo de vários decretos-lei (DL nº 236/98: DR I Série-A, nº 176/98; DL nº 74/90: DR I Série-A, nº 55/90; DL nº 243/2001: DR I Série-A, nº 206/2001), sendo constituído por dez partes: I) *Segurança em laboratórios de Química*; II) *Material de laboratório e seu manuseamento*; III) *Medição em Química*; IV) *Nomenclatura de compostos inorgânicos*; V) *Soluções*; VI) *A melhor recta*; VII) *Análise volumétrica*; VIII) *Legislação*

que regulamenta a qualidade da água; IX) *Análise de águas*; X) *Sites da Internet sobre alguns dos tópicos anteriores*.

Concepção do trabalho laboratorial (TL):

• Após a reflexão epistemológica referida na etapa I, concebeu-se o TL de forma a (i) integrá-lo nas restantes aulas, ligando-o a outras componentes do currículo (apresentação teórica pelo professor, execução do trabalho prático em grupo, entre outras) e a (ii) articulá-lo com os conceitos previamente leccionados e a permitir estabelecer relações com outros conceitos ou situações a abordar e/ou a desenvolver posteriormente.

• Os TL, quatro no total (ver anexo III), foram sendo apresentados aos estudantes, nos momentos em que era adequado, sob a forma de problema a resolver pelos estudantes, a propósito de assuntos que estivessem a ser tratados nas aulas.

• A apresentação do problema a resolver foi feita através de um texto, a fornecer anteriormente à execução do trabalho, com informações escritas relevantes (relevância ambiental e/ou química, relevância para a resolução do problema, indicação de bibliografia adequada). No texto, estabeleciam-se ligações conceptuais e/ou contextuais com os assuntos que tivessem sido abordados nas aulas anteriores. No final do texto, apresentavam-se várias tarefas orientadoras para a resolução do problema inicial. O texto apresentado e as tarefas propostas aos estudantes constituíam a primeira parte do TL.

• As tarefas propostas na primeira parte do TL foram concebidas de forma a promoverem o desenvolvimento de três competências relacionadas com o TL: C1 – *Compreensão do problema a resolver*, C2 – *Competências técnicas* e C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*.

Vejamos o exemplo do TL 2 – *Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas* (figura 4.4). Este trabalho surge após a leccionação de vários conceitos, entre eles, *matéria, substâncias, misturas, soluções aquosas, concentração de soluções*, e da abordagem de diversos casos de poluição aquática. O título do trabalho aparece a seguir à designação *Problema*, o que já é sugestivo do tipo de desafio que o TL apresenta. No texto da introdução faz-se a apresentação do problema e dão-se informações sobre como resolver o problema. Ou seja, o texto (i) relaciona o aumento da agricultura intensiva com o uso excessivo de fertilizantes e pesticidas; (ii) relaciona

esta actividade humana com a poluição de cursos de água por fosfatos e nitratos e a sua consequente eutrofização; e (iii) apresenta e explica a técnica de análise espectrofotometria no visível e o método da recta de calibração a utilizar para determinar a concentração de fosfatos em amostras de água de origens diversas. A primeira parte deste TL termina com a apresentação de várias tarefas que visam orientar a compreensão do problema inicial e a sua resolução pelo estudante.

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____Data:_____

TRABALHO PRÁTICO Nº 2

PROBLEMA: *DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DO IÃO FOSFATO (PO_4^{3-}) EM ÁGUAS*

PARTE I

INTRODUÇÃO

O aumento da agricultura intensiva, que recorre abundantemente a pesticidas e fertilizantes, como forma de obter culturas abundantes, resistentes, atraentes e sãs no mais curto espaço de tempo, tem contribuído para a existência de vários problemas de natureza ambiental e da saúde das populações.

Um dos problemas associados ao uso excessivo de fertilizantes e de alguns pesticidas, a efluentes de indústrias agro-alimentares e ao uso de certos detergentes é o processo de eutrofização da água de alguns lagos e cursos de água. Este fenómeno está associado à existência de elevadas concentrações de nutrientes nas águas, em particular, de fosfatos e de nitratos, que é responsável pelo crescimento excessivo de algas à superfície, contribuindo para a sua multiplicação, principalmente em lagos e em reservatórios. Estas algas impedem o fornecimento de luz a outras formas de vida aquática, existentes a maior profundidade, que, morrendo, acabam por consumir o oxigénio dissolvido na água à medida que se decompõem. Este processo pode reduzir a concentração de oxigénio a níveis tão baixos que possam provocar a morte de outras formas de vida aquática, podendo mesmo conduzir à extinção de certas espécies e, em casos extremos, à cessação da vida aquática.

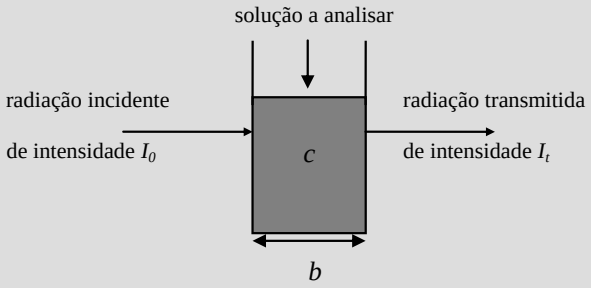
Neste trabalho pretende determinar-se a concentração do ião fosfato (PO_4^{3-}) na água da rede de abastecimento público e em amostras de água de origens diversas. Em análise química, surgem muitas vezes casos em que tem de se fazer o doseamento de quantidades extremamente pequenas de espécies químicas (“traços”) em amostras. Nestas situações, recorre-se a técnicas especiais de análise, uma das quais é a *espectrofotometria no visível*. Esta é, aliás, uma das

técnicas utilizadas em análises de águas na medição dos teores de iões poluentes, em particular em trabalhos de campo, em que se recorre a *kits*.

Nos doseamentos espectrofotométricos no visível, o teor da espécie química a dosear determina-se pela cor da solução na qual a espécie em questão esteja dissolvida. Se a solução for incolor, pode tornar-se corada adicionando-lhe qualquer substância que reaja quantitativamente (isto é, completamente) com a espécie química a dosear e cuja reacção origine um produto corado (é o caso do doseamento do ião fosfato, cujas soluções aquosas são incolores, em que se recorre à adição de uma mistura de reagentes para formar um composto corado). Quanto mais forte for a tonalidade, mais elevada é a concentração da espécie química na solução (e inversamente). A concentração é determinada, com rigor apreciável, pela espectrofotometria, que se baseia na lei da absorção de luz pelas soluções coradas. Se se fizer incidir um feixe luminoso monocromático (isto é, com um único comprimento de onda) de intensidade I_0 numa solução qualquer, parte dele é absorvido (I_a) e só o restante atravessará essa solução (I_t), ou seja:

$$I_0 = I_a + I_t$$

O valor de I_a depende quase exclusivamente da existência, na solução, de espécies químicas que absorvem a luz mais intensamente que o solvente correspondente (água, álcool, etc.). Portanto, o feixe de luz diminui de intensidade ao atravessar a solução. Esta diminuição é tanto mais importante, quanto mais elevado for o n.º de partículas absorventes que esse feixe encontre no seu percurso. Ora, a quantidade destas partículas absorventes atingidas pelo feixe de luz e, portanto, o grau de diminuição da sua intensidade, dependem, evidentemente, da natureza da espécie química que absorve a luz, da sua concentração na solução (c) e da espessura da camada de solução atravessada pelo feixe luminoso (b):



Esta dependência é representada pela seguinte relação, conhecida por *lei de Beer-Lambert*:

$$\log \frac{I_0}{I_t} = abc$$

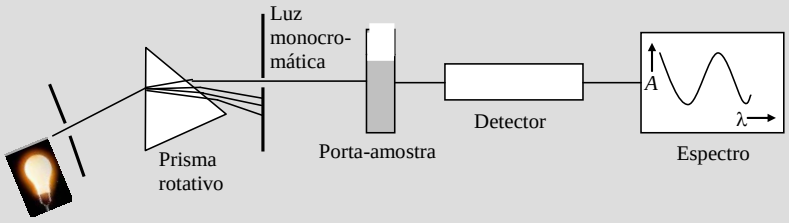
ou $A = abc$

em que A é a absorvância ($\log I_0/I_t$), que mede o grau de diminuição da intensidade de luz, e a é uma constante que depende da natureza da espécie absorvente e do comprimento de onda utilizado. Se a concentração (c) estiver expressa em mol dm^{-3} e o comprimento do percurso óptico (b) em cm, a constante a passa a ter o símbolo ε e chama-se absortividade molar (de unidades $dm^{-3}\ mol^{-1}\ cm^{-1}$). Então, escreve-se:

$$A = \varepsilon bc$$

O equipamento utilizado para medir as intensidades das radiações incidente e transmitida e, por conseguinte, a absorvância, designa-se por espectrofotómetro e é constituído, basicamente, por (ver figura abaixo):

- Uma fonte de luz branca (ou policromática).
- Um sistema óptico que encaminha esta luz para uma rede de difracção (ou para um prisma óptico) que a decompõe nas radiações de diferentes comprimentos de onda (c.d.o. ou λ) que a constituem.
- Um recipiente (célula, cuba ou porta-amostra) que contém a amostra da solução a analisar e que é atravessada pela radiação de c.d.o. escolhido.
- Um analisador da intensidade luminosa do feixe (detector).
- Um sistema electrónico de amplificação e leitura das informações dadas pelo detector ao qual está associada uma escala de absorvância. Em equipamentos mais sofisticados, é possível obter o registo dos valores de absorvância em função do c.d.o. de cada radiação incidente (espectro).



Neste trabalho, vai determinar-se a concentração do ião fosfato (PO_4^{3-}) por espectrofotometria no visível pelo método da recta de calibração. Ora, já se disse, as soluções aquosas do ião fosfato são incolores, ou seja, não absorvem radiação na região do visível (caso absorvessem luz do espectro visível, essas soluções – atravessadas pela luz branca – apresentariam a cor complementar das radiações absorvidas). Assim, é necessário transformar quantitativamente o ião fosfato numa outra espécie que seja corada. Uma reacção possível é a reacção, em meio ácido, deste ião com o molibdato de amónio, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, e o tartarato de antimonilo e potássio, $K(SbO)C_4H_4O_6$, formando-se o ácido fosfomolíbdico, $MoO_3 \cdot P_2O_5 \cdot xH_2O$, que, por sua vez, reage com o ácido ascórbico, $C_6H_8O_6$. Forma-se, então, um composto de cor azul que se doseia espectrofotometricamente (e cuja concentração é directamente proporcional à do ião fosfato).

Assim, preparam-se várias soluções do ião fosfato de concentração conhecida, as *soluções padrão*. Prepara-se, também, uma solução chamada o *branco*, que contém água destilada em vez de solução de ião fosfato, em igual volume. Em seguida, adiciona-se tanto às soluções padrão, como a igual volume de água destilada (o *branco*) e das soluções a analisar (de concentrações desconhecidas em fosfatos), o mesmo volume do *reagente de desenvolvimento de cor* (mistura dos reagentes responsáveis pela formação do composto de cor azul). (Portanto, o *branco* é uma solução que contém tudo o que os padrões contêm, excepto a espécie que se pretende dosear.) Selecciona-se no espectrofotómetro uma radiação monocromática, de preferência correspondente ao c.d.o. de maior absorção pelo composto azul. Coloca-se, no local adequado do espectrofotómetro, o *branco* e faz-se, então, a leitura da sua absorvância. Este valor (a absorvância do *branco*) é retirado automaticamente pelo aparelho às absorvâncias de todas as soluções seguintes, ou seja, as outras soluções de fosfatos (soluções padrão e amostras), de forma que estes valores já não ficam afectados pelas absorvâncias das espécies químicas que estão presentes para além da espécie que se pretende dosear. Lendo no espectrofotómetro os valores de absorvância, *A*, das soluções padrão no c.d.o. escolhido, traça-se um gráfico (recta de calibração do espectrofotómetro) de *A* em função da concentração das soluções de fosfato, *c*. Finalmente, com base nas absorvâncias das amostras de concentração desconhecida, pode determinar-se, a partir do gráfico, a concentração de ião fosfato em cada uma delas. (*NOTA*: Os valores das concentrações dos padrões devem abranger os valores das concentrações que se supõe que as amostras possuem, para que o método seja fiável).

TAREFA 1

Pretende determinar-se a concentração de PO_4^{3-} em duas amostras de água, por espectrofotometria no visível, pelo método da recta de calibração. Suponha que, por comparação com outras amostras de água com a mesma proveniência, se suspeita que as concentrações das amostras se situam entre 1 e 2 mg PO_4^{3-} /dm^3.

Sugira valores para as concentrações de PO_4^{3-} em três soluções padrão. Justifique a sua escolha.

Descreva como deve preparar as soluções padrão que indicou, a partir de uma solução padrão-mãe de fosfatos 10,97 mg KH_2PO_4/dm^3, explicitando os procedimentos técnicos e material adequado a utilizar. Apresente todos os cálculos necessários.

TAREFA 2

Construa, em papel milimétrico, uma simulação da recta de calibração que vai obter, com as soluções padrão referidas na Tarefa 1. Pense se deve incluir o ponto (0,0) e explique a sua opção. Explique como deve traçar a melhor recta. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil*.

TAREFA 3

Indique como, a partir da recta obtida na Tarefa 2, pode determinar a concentração de fosfatos nas duas amostras desconhecidas.

Figura 4.4 – Enunciado da primeira parte do TL 2 – *Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas*.

Por exemplo, na tarefa 1 pretende verificar-se se o estudante compreendeu uma informação que é dada no final do texto introdutório, relativamente à concentração de fosfatos em três soluções padrão; pretende-se ainda que os estudantes indiquem como deverão preparar essas soluções, algo que já deverão saber fazer, pois já executaram nesta altura o TL 1 sobre preparação de soluções. Nas tarefas 2 e 3 pretende-se que os estudantes expliquem como irão usar as três soluções padrão preparadas e a técnica e o método apresentados para resolverem o problema proposto (a bibliografia recomendada refere-se ao dossier de apoio aos trabalhos laboratoriais). Portanto, no seu conjunto, as três tarefas destinam-se a promover o desenvolvimento das competências C1 – *Compreensão do problema a resolver*, C2 – *Competências técnicas* e C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*.

• Do TL constavam mais duas partes. A segunda correspondia ao enunciado com o procedimento laboratorial. O procedimento laboratorial foi elaborado detalhada e cuidadosamente, no que respeita a material e reagentes a utilizar e às técnicas e aos procedimentos laboratoriais a executar, de forma a poder ser executado com rigor pelos estudantes, mesmo aqueles que não tivessem conseguido executar as tarefas da primeira parte, total ou parcialmente. Assim, era ainda possível que os estudantes executassem as tarefas da segunda parte com sucesso, mesmo que não tivessem conseguido delinear um processo de resolver o problema apresentado. O TL estava pensado para ser executado pelos estudantes em grupos de dois, durante o horário previsto para as aulas *práticas*, portanto, num laboratório de química.

• Com a segunda parte do TL, pretendia estimular-se o desenvolvimento das competências referidas para a primeira parte do TL. Esta parte, com o procedimento laboratorial, poderia constituir uma espécie de *receita* do TL, caso não existisse a primeira parte tal como foi concebida. Nestes termos, pensamos que a indicação do procedimento laboratorial poderá funcionar como um reforço, correcção e/ou complemento do procedimento que se propôs que os estudantes delineassem anteriormente e, assim, promover o desenvolvimento das competências em jogo.

A segunda parte do TL 2 constitui um exemplo do que se disse antes (ver figura 4.5), nomeadamente com a indicação da preparação das soluções padrão, do branco e das amostras (incolores) e com o procedimento a executar para obter soluções coradas, cujas concentrações no composto azul são proporcionais às concentrações em ião fosfato. Este procedimento vem ao encontro do que era

esperado que os estudantes delineassem para resolver o problema inicial (obviamente, com mais detalhes e rigor), com a execução das tarefas propostas na primeira parte do TL 2, contribuindo assim para desenvolver as competências já referidas.

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____**Data:**_____

PARTE II

MATERIAL NECESSÁRIO

- 3 Balões volumétricos de 50 cm^3
- 1 Bureta de 25 cm^3
- Provetas de 5, 10, 20 e 50 cm^3
- 1 Pipeta volumétrica de 50 cm^3
- 1 Pompete
- 7 Erlenmeyers de 250 cm^3
- 1 Pipeta de Pasteur
- 1 Gobelé de 250 cm^3
- 1 Caneta de acetato
- Papel milimétrico
- Espectrofotómetro
- Células de vidro ou plástico
- Óculos de protecção
- Luvas descartáveis

REAGENTES

- Solução 2 mol dm^{-3} de H_2SO_4
- Solução 8,2x10^{-3} mol dm^{-3} de $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot {}^1/_2H_2O$
- Solução 0,032 mol dm^{-3} de $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$
- Solução 0,1 mol dm^{-3} de ácido ascórbico
- Solução padrão-mãe de fosfatos (10,97 mg KH_2PO_4 / dm^3)
- Água destilada

PROCEDIMENTO

Preparação das soluções padrão, do branco e das amostras

- Meça da bureta, para cada um de três balões volumétricos de 50 cm^3, respectivamente 5,0, 10,0 e 15,0 cm^3 da solução padrão-mãe de fosfatos, adicione água destilada até ao traço de referência e homogeneize. Identifique devidamente os balões (soluções padrão).
- Pipete 50 cm^3 de água destilada para um Erlenmeyer (este Erlenmeyer corresponde ao *branco*).

- Pipete 50 cm^3 de cada uma das duas amostras a analisar para dois Erlenmeyers. Identifique-os devidamente.

Preparação do reagente de desenvolvimento de cor

Num Erlenmeyer de 250 cm^3 misture (usando provetas), pela **ordem indicada,** e com agitação entre cada adição, as seguintes soluções:

- 50 cm^3 de solução 2 mol dm^{-3} de H_2SO_4
- 5 cm^3 de solução $8{,}2 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3} de $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot {}^1/_2H_2O$
- 15 cm^3 de solução 0,032 mol dm^{-3} de $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$
- 30 cm^3 de solução 0,1 mol dm^{-3} de ácido ascórbico

Determinação da absorvância das soluções

- Transfira as soluções padrão para Erlenmeyers de 250 cm^3. Identifique-os devidamente.
- Adicione a cada um dos seis Erlenmeyers (3 padrões, 2 amostras e o *branco*) 8 cm^3 (proveta) do reagente de desenvolvimento de cor e aguarde 15 minutos.
- Seguindo as instruções do espectrofotómetro, leia as absorvâncias das soluções para o c.d.o. de 880 nm.

***ATENÇÃO** – Não elimine as soluções pela canalização das bancadas. Utilize recipientes próprios para o efeito, que tiver à sua disposição no laboratório.*

Figura 4.5 – Enunciado da segunda parte do TL 2 – *Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas*.

• A terceira parte do TL consistia na apresentação de questões relativas ao tratamento de dados e de questões que procuravam fazer uma extensão dos conhecimentos dos estudantes e proporcionar que estes estabelecessem ligações entre o trabalho laboratorial realizado e os conceitos teóricos já ensinados e/ou a abordar posteriormente. A resolução destas questões constituiria o relatório. Este teria de ser elaborado fora do período lectivo pelos mesmos estudantes que constituíssem cada grupo e entregue à professora até à aula seguinte.

• Com a terceira parte do TL pretendeu-se, uma vez mais, continuar a promover o desenvolvimento de competências, muito especialmente a C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*.

Podemos, novamente, dar o exemplo do TL 2, para explicitar o que se disse acima (figura 4.6). As tarefas 1, 2 e 3 auxiliam o estudante no tratamento de dados, ao propô-lo por etapas, de modo a poderem responder ao problema inicial – determinar a concentração do ião fosfato (PO_4^{3-}) em várias amostras de água. A tarefa 4 pretende avaliar a compreensão de um aspecto particular, mas essencial, da técnica usada. As tarefas 5 e 6 pretendem promover uma extensão dos conhecimentos dos estudantes, indo para além das competências em jogo, levando-os a estabelecerem relações entre as concentrações de fosfatos determinadas nas amostras e os seus efeitos na saúde humana e no ambiente e a sugerirem formas de eliminação das soluções usadas, de acordo com as normas de segurança recomendadas. Estas últimas questões permitem que se relacione, de uma forma positiva, o papel da química com a resolução ou minimização dos efeitos de alguns problemas ambientais (por exemplo, facultando informação que possibilite concluir que uma certa amostra de água, imprópria para consumo humano, pode ser usada sem prejuízo para regas).

Concepção da avaliação:

Tal como dissemos antes, a avaliação foi uma das componentes do desenho curricular a assumir um papel fundamental. Ela foi desenvolvida para: (i) avaliar as aprendizagens dos estudantes, para efeitos da atribuição de uma nota final à disciplina; (ii) avaliar as aprendizagens dos estudantes, para efeitos de melhor implementar e gerir o desenho curricular e com isso melhorar as aprendizagens dos estudantes; (iii) avaliar as aprendizagens dos estudantes e o desenho curricular, a sua implementação e gestão, para efeitos investigativos.

PARTE III

DISCUSSÃO DE RESULTADOS E EXTENSÃO

1. Calcule a concentração das soluções padrão em mg dm^{-3} de PO_4^{3} (com o n.º correcto de algarismos significativos).
2. Construa, em papel milimétrico, a recta de calibração.

   Nota* 1:Escolha adequadamente a escala a utilizar em cada eixo.*

   ***Nota* 2:** *Trace a melhor recta pelo método dos mínimos desvios quadrados. Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil.*
3. Determine, com o rigor adequado, as concentrações do ião fosfato (PO_4^{3-}) em mg dm^{-3} nas amostras analisadas.
4. Qual é o objectivo do ensaio em branco?
5. A lei limita as concentrações de fosfatos nas águas para consumo humano, entre outras. Consulte a legislação portuguesa em vigor e comente os valores obtidos para a concentração de fosfatos nas amostras analisadas, em termos de efeitos na saúde humana e no ambiente. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil*.

   Nota: Em termos de legislação, o teor em fosfatos exprime-se em mg dm^{-3} de P_2O_5; faça, por isso, os cálculos que julgar necessários.
6. Atendendo à sua resposta em 5, que cuidados sugere que devam ser tidos ao eliminar os restos das soluções usadas neste trabalho?

Figura 4.6 – Enunciado da terceira parte do TL 2 – *Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas*.

(i) Avaliação das aprendizagens dos estudantes, para efeitos da atribuição de uma nota final à disciplina.

• O processo de avaliação à disciplina consistia em duas modalidades: a avaliação periódica e a avaliação por exame final.

Na modalidade de avaliação periódica, as aprendizagens dos estudantes eram avaliadas recorrendo a 4 instrumentos de avaliação – observação directa (OD) com grelha de observação, relatórios dos trabalhos laboratoriais (R), duas tarefas de avaliação periódica (TA) e um teste final (T) – sendo a nota final à disciplina obtida pelo seguinte algoritmo:

Nota Final = 0,35 T + 0,25 TA + 0,15 R + 0,25 OD

Na modalidade de avaliação por exame final, as aprendizagens dos estudantes eram avaliadas recorrendo a 3 dos 4 instrumentos de avaliação usados na avaliação periódica – observação directa (OD) com grelha de observação, relatórios dos trabalhos laboratoriais (R) e um exame final (E) – sendo a nota final à disciplina obtida pelo seguinte algoritmo:

Nota Final = 0,60 E + 0,15 R + 0,25 OD

• A aprovação à disciplina só era conseguida se a nota final fosse superior ou igual a 9,5 valores, em que a nota do teste, T (na avaliação periódica), ou a nota do exame, E (na avaliação por exame), teria de ser superior ou igual a 9,5 valores e a nota relativa a (0,15 R + 0,25 OD)/0,40 (nota de frequência) superior ou igual a 8,5 valores.

• A observação directa com grelha de observação foi um instrumento de avaliação concebido para avaliar, em cada estudante, o desenvolvimento de três competências relacionadas com os TL (ver Observação directa (OD) com grelha de observação, na secção 4.2.2. – Instrumentos para recolha de dados), a saber: C1 – *Compreensão do problema a resolver*, C2 – *Competências técnicas* e C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*. Estas competências são supostamente desenvolvidas com a execução das tarefas propostas dos TL.

• A observação directa iria constituir, para os estudantes, uma experiência nova em termos de avaliação, principalmente por respeitar a trabalhos laboratoriais e por, também estes, serem concebidos de forma pouco familiar. Assim, a professora/investigadora informou os estudantes que o primeiro TL a ser realizado não

seria cotado para efeitos de avaliação à disciplina, mas seria avaliado para que estes pudessem compreender melhor como seria feita a avaliação nas componentes OD e R.

• Com os relatórios dos trabalhos de laboratório pretendiam avaliar-se os conhecimentos teóricos e laboratoriais relacionados com esses trabalhos, o tratamento dos dados recolhidos e a capacidade crítica face aos resultados obtidos. Ou seja, é principalmente a competência C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos* que se avalia, e que supostamente é desenvolvida com a execução dos TL na sua globalidade: tarefas prévias aos TL, execução laboratorial dos TL e tarefas finais dos TL.

• Com a realização do teste final, ou do exame final, no fim do semestre, pretendia avaliar-se os conhecimentos aprendidos e o desenvolvimento de algumas competências em todo o semestre pelos estudantes.

• As duas tarefas de avaliação periódica seriam realizadas em dois momentos do semestre, um sensivelmente a meio e o outro no final, e realizadas em grupos de 2-3 estudantes, para avaliar conhecimentos aprendidos e algumas competências desenvolvidas em cada parte do semestre. A realização em grupo destas tarefas pretendeu proporcionar um ambiente de avaliação mais informal e descontraído, por um lado, mas por outro, não permitir a desresponsabilização de cada elemento nesse processo de avaliação, uma vez que o grupo teria um número pequeno de elementos e a nota obtida seria igual para todos os elementos de cada grupo.

A 2ª tarefa de avaliação é um exemplo que apresentamos (figura 4.7).

(ii) Avaliação das aprendizagens dos estudantes, para efeitos de melhor implementar e gerir o desenho curricular e com isso melhorar as aprendizagens dos estudantes.

A avaliação das aprendizagens dos estudantes teve mais funções, que não só a da atribuição de uma nota final à disciplina. Uma delas refere-se ao papel fundamental de facultar à professora/investigadora elementos sobre o tipo e nível de conhecimentos dos estudantes ao longo dos processos de ensino e de aprendizagem, permitindo-lhe mediar as suas aprendizagens e gerir o ensino praticado. Para esta função, a avaliação foi concebida para ser utilizada:

2ª TAREFA DE AVALIAÇÃO 22 de Dezembro de 2004

Nome e **n.º** dos alunos: _____

_____

Na última página apresenta-se uma tabela de dados.

1. Ordene os gases seguintes por ordem crescente do seu ponto de ebulição:

amoníaco (NH_3); krypton (Kr); hélio (He); sulfureto de hidrogénio (H_2S).

Justifique convenientemente a sua resposta.

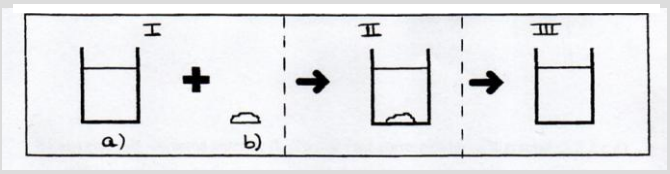
2. Dos seguintes pares de substâncias, diga, justificando, qual espera ser a mais solúvel em água:

a) K_2CO_3 ou CH_4

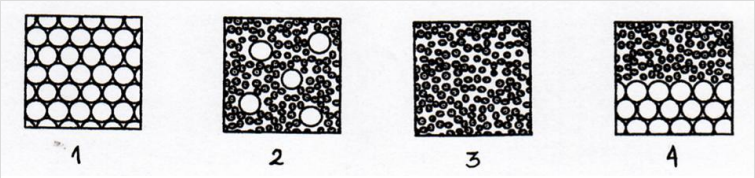
b) NH_3 ou PH_3

c) CH_3CH_2OH ou $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2OH$

3. Considere o esquema seguinte que representa as diferentes etapas (I-a, I-b, II e III) da dissolução de uma porção de açúcar (sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$) em água (H_2O):



A cada etapa do esquema anterior (I-a, I-b II e III) faça corresponder os diagramas apresentados em baixo (1,2,3 e 4) que representam as partículas presentes nas diferentes etapas quando o açúcar é dissolvido em água. Explique sucintamente as razões da sua escolha.



I-a) ☐ I-b) ☐ II ☐ III ☐

4.

a) Calcule a variação de entalpia, ΔH, para a reacção:

$$H(g) + Cl(g) \rightarrow HCl(g)$$

a partir do conjunto de equações termoquímicas dadas.

$H_2(g) + Cl_2(g)) \rightarrow 2\ HCl(g)$ $\Delta H = -184$ kJ

$H_2(g) \rightarrow 2\ H(g)$ $\Delta H = +436$ kJ

$Cl_2(g) \rightarrow 2\ Cl(g)$ $\Delta H = +244$ kJ

b) Calcule a energia da ligação H-Cl.

5.

a) A partir dos seguintes valores de variação de entalpia de formação padrão, ΔH^0_f:

	ΔH^0_f (kJ mol^{-1})
$NH_3(g)$	- 46
$NO(g)$	+ 90
$H_2O(l)$	- 286

calcule ΔH^0 para a seguinte reacção:

$$4\ NH_3(g) + 5\ O_2(g) \rightarrow 4\ NO(g) + 6\ H_2O(l)$$

b) Explique o sinal algébrico da variação de entalpia calculada na alínea anterior em termos dos valores médios das energias das ligações nos reagentes e nos produtos de reacção.

6. Escreva a equação química que representa o equilíbrio de solubilidade do fluoreto de cálcio, CaF_2, e calcule a sua solubilidade em água, em mol/L e em g/L, a 25 ºC.

7. A concentração de equilíbrio do ião SO_4^{2-} numa solução aquosa saturada de sulfato de prata, Ag_2SO_4, é 0,015 mol/L. Calcule:

a) A constante do produto de solubilidade do composto.

b) A solubilidade do sal em mol/L e em g/L.

DADOS:

Produtos de solubilidade a 25ºC de alguns compostos iónicos pouco solúveis

Composto	K_{ps}	*Composto*	K_{ps}
Brometo de cobre.(I) (CuBr)	$4{,}2\times10^{-14}$	*Hidróxido de ferro (III) [$Fe(OH)_3$]*	$1{,}1\times10^{-36}$
Brometo de prata (II) (AgBr)	$7{,}7\times10^{-13}$	*Hidróxido de magnésio [$Mg(OH)_2$]*	$1{,}2\times10^{-11}$
Carbonato de bário ($BaCO_3$)	$8{,}1\times10^{-9}$	*Hidróxido de zinco [$Zn(OH)_2$]*	$1{,}8\times10^{-14}$
Carbonato de cálcio ($CaCO_3$)	$8{,}7\times10^{-9}$	*Iodeto de chumbo (II) (PbI_2)*	$1{,}4\times10^{-8}$

Carbonato de chumbo (II) ($PbCO_3$)	*$3{,}3x10^{-14}$*	*Iodeto de cobre (I) (CuI)*	*$5{,}1x10^{-12}$*
Carbonato de estrôncio ($SrCO_3$)	*$1{,}6x10^{-9}$*	*Iodeto de prata (AgI)*	*$8{,}3x10^{-17}$*
Carbonato de magnésio ($MgCO_3$)	*$4{,}0x10^{-5}$*	*Sulfato de bário ($BaSO_4$)*	*$1{,}1x10^{-10}$*
Carbonato de prata (Ag_2CO_3)	*$8{,}1x10^{-12}$*	*Sulfato de estrôncio ($SrSO_4$)*	*$3{,}8x10^{-7}$*
Cloreto de chumbo (II) ($PbCl_2$)	*$2{,}4x10^{-4}$*	*Sulfato de prata (Ag_2SO_4)*	*$1{,}4x10^{-5}$*
Cloreto de mercúrio (I) (Hg_2Cl_2)	*$3{,}5x10^{-18}$*	*Sulfureto de bismuto (Bi_2S_3)*	*$1{,}6x10^{-72}$*
Cloreto de prata (AgCl)	*$1{,}6x10^{-10}$*	*Sulfureto de cádmio (CdS)*	*$8{,}0x10^{-28}$*
Cromato de chumbo (II) ($PbCrO_4$)	*$2{,}0x10^{-14}$*	*Sulfureto de chumbo (II) (PbS)*	*$3{,}4x10^{-28}$*
Fluoreto de bário (BaF_2)	*$1{,}7x10^{-6}$*	*Sulfureto de cobalto (II) (CoS)*	*$4{,}0x10^{-21}$*
Fluoreto de cálcio (CaF_2)	*$4{,}0x10^{-11}$*	*Sulfureto de cobre (II) (CuS)*	*$6{,}0x10^{-37}$*
Fluoreto de chumbo (II) (PbF2)	*$4{,}1x10^{-8}$*	*Sulfureto de estanho (II) (SnS)*	*$1{,}0x10^{-26}$*
Fosfato de cálcio [$Ca_3(PO_4)_2$]	*$1{,}2x10^{-26}$*	*Sulfureto de ferro (II) (FeS)*	*$6{,}0x10^{-19}$*
Hidróxido de alumínio [$Al(OH)_3$]	*$1{,}8x10^{-33}$*	*Sulfureto de manganês (II) (MnS)*	*$3{,}0x10^{-14}$*
Hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$]	*$8{,}0x10^{-6}$*	*Sulfureto de mercúrio (II) (HgS)*	*$4{,}0x10^{-54}$*
Hidróxido de cobre (II) [$Cu(OH)_2$]	*$2{,}2x10^{-20}$*	*Sulfureto de níquel (II) (NiS)*	*$1{,}4x10^{-24}$*
Hidróxido de crómio(III) [$Cr(OH)_3$]	*$3{,}0x10^{-29}$*	*Sulfureto de prata (AgS)*	*$6{,}0x10^{-51}$*
Hidróxido de ferro (II) [$Fe(OH)_2$]	*$1{,}6x10^{-14}$*	*Sulfureto de zinco (ZnS)*	*$3{,}0x10^{-23}$*

Figura 4.7 – Enunciado da 2ª tarefa de avaliação[9].

• de um modo sistemático nos TL, recorrendo-se ao já referido instrumento de avaliação observação directa, para permitir uma monitorização, ao longo do semestre, do desenvolvimento das competências mencionadas acima;

• ao longo das restantes aulas, mas principalmente durante a realização dos TP, com a execução das tarefas das fichas de trabalho pelos estudantes e sua discussão em grande grupo, embora sem monitorização formal das aprendizagens.

Em ambas as situações, os elementos recolhidos nessas avaliações são fundamentais para que a professora/investigadora possa adaptar a sua mediação ao ritmo de aprendizagem de cada estudante, ao tipo e grau de dificuldades revelados por estes e/ou às necessidades de aprendizagem de estudantes mais curiosos, por exemplo. Portanto, esta perspectiva da avaliação das aprendizagens dos estudantes

[9] Há uma incoerência entre os diagramas 2 e 4 da questão 3 que pode induzir os estudantes em erro, pois aqueles são *zooms* de diferentes zonas do *objecto* (mistura), a representar submicroscopicamente, em etapas diferentes. Esta incoerência foi detectada pela professora durante a realização desta tarefa de avaliação, quando alguns estudantes colocaram dúvidas, tendo sido de seguida clarificada a incongruência.

está intrinsecamente ligada à mediação feita pela professora, e que tem, espera-se, relevância na promoção da qualidade dessas aprendizagens. Por um lado, a avaliação das aprendizagens dos estudantes, na OD ou ao longo dos TP, permite o ajuste, quase imediato, da mediação da professora, dando *feedback* dessas aprendizagens aos estudantes, reestruturando os conceitos mobilizados, as suas relações e o campo conceptual em jogo, ajudando na apropriação de novos conceitos, no delineamento da resolução de problemas, entre outros aspectos. Por outro lado, essa avaliação permitirá corrigir, adaptar e/ou alterar o próprio desenho curricular, ou seja, gerir o desenho curricular e a sua implementação ao longo do ensino (ver figura 4.8).

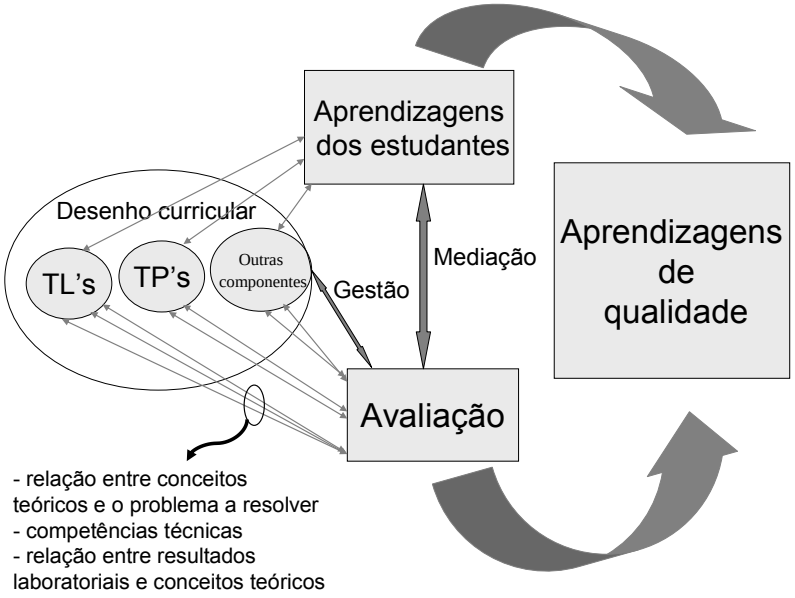


Figura 4.8 – A avaliação das aprendizagens dos estudantes permite o ajuste da mediação da professora e a gestão do desenho curricular e da sua implementação, facilitando a construção de aprendizagens de qualidade.

(iii) Avaliação das aprendizagens dos estudantes e do desenho curricular, da sua implementação e gestão, para efeitos investigativos

A avaliação para efeitos investigativos pressupõe a recolha de dados para se poder responder às questões de investigação (ver secções 1.2. e 3.1.). Portanto, os dados a recolher têm de ser relativos à qualidade das aprendizagens dos estudantes e a aspectos do desenho curricular, da sua implementação e gestão. Para tal, as aprendizagens dos estudantes, o desenho curricular e o ensino da professora têm de

ser monitorizados, o que é feito recorrendo à utilização adequada de instrumentos de recolha de dados concebidos para o efeito.

Portanto, foram elaborados os seguintes instrumentos de recolha de dados: Inquérito aos estudantes, Observação directa com grelha de observação, Teste de competências, Diário de bordo, Testes de avaliação de conhecimentos e Relatórios dos trabalhos de laboratório. Destes instrumentos daremos conta na secção seguinte, onde apresentaremos as respectivas descrições. A utilização ou a administração dos instrumentos de recolha de dados foram incorporadas naturalmente no desenho curricular ou foi solicitada a colaboração dos estudantes para encontrar momentos oportunos para esse efeito.

4.2.2. Instrumentos para recolha de dados

Tal como já dissemos na secção anterior, a avaliação foi uma das componentes do desenho curricular a assumir um papel fundamental e que se destina a diversas finalidades. Assim, ela foi desenvolvida para avaliar as aprendizagens dos estudantes, o desenho curricular concebido, a sua implementação e a sua gestão. Para tal, foi necessário conceber diversos instrumentos para recolha de dados para caracterizar o caso de investigação-acção e o caso avaliativo e relativos às aprendizagens dos estudantes e ao seu ensino, nomeadamente, o Inquérito aos estudantes, a Observação directa com grelha de observação, o Teste de competências, o Diário de bordo e os Testes de avaliação de conhecimentos. Foram ainda recolhidos documentos elaborados pelos estudantes, concretamente os Relatórios dos trabalhos laboratoriais. De seguida, vamos proceder à sua apresentação e descrição.

- Inquérito aos estudantes (IE)

Foi concebido um pequeno inquérito a administrar aos estudantes, o Inquérito aos estudantes (IE), sobre as suas habilitações académicas, com o intuito de recolher dados acerca da frequência às disciplinas de Ciências Físico-Químicas dos 10º e 11º anos, de Técnicas Laboratoriais de Química, do 10º e/ou 11º anos e de Química do 12º ano, e sobre as notas obtidas na disciplina de Química do 12º ano e na prova específica de Química realizada no final do 12º ano para efeitos da candidatura ao

ensino universitário (ver anexo V). Este inquérito foi elaborado para possibilitar a caracterização, embora sucinta, dos estudantes, tanto no caso investigação-acção como no caso avaliativo.

• Observação directa (OD) com grelha de observação

A Observação directa (OD) com grelha de observação é um instrumento que permite recolher dados por observação, com o auxílio de uma grelha previamente elaborada pelo investigador para os registos dessa observação. No caso presente, a professora/investigadora desenvolveu a OD para avaliar o desenvolvimento, em cada estudante, de três competências relacionadas com os TL e já referidas na Concepção do trabalho laboratorial (TL) na secção 4.2.1.:

C1 – *Compreensão do problema a resolver*;

C2 – *Competências técnicas*;

C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*.

Para tal, elaborou três grelhas de observação para cada trabalho laboratorial, para recolher dados sobre as competências em avaliação de cada estudante (ver anexo V).

Vejamos o exemplo das grelhas de observação concebidas para avaliar as competências C1, C2 e C3 do TL 2 – *Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas* (figura 4.9).

Competência C1 – Compreensão do problema a resolver

Alunos	Documento escrito?		Tarefa 1														Tarefa 2												Tarefa 3	
			Soluções padrão														Recta de calibração												Determinação das concentrações das amostras	
			Sugestão de concentrações de soluções padrão					Preparação de soluções padrão									Com papel milimétrico?		Inclui ponto (0,0)?					Absorvância ∝ Concentração?		Melhor recta				
								Descrição, com cálculo de volume			Material			Técnicas																
	N	S	1	2	3	Justificação		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	3	Justificação			1	3	1	2	3	1	3
						1	3														1	2	3							

Competência C2 – Competências técnicas

Alunos	Medir volumes com bureta		Preparar solução			Medir volumes com pipeta		Ler as absorvâncias									
								Uso do branco		Passagem da solução mais diluída para a mais concentrada, sem lavar a célula		Registos com algarismos significativos correctos		Cuidado no manuseamento da célula			
	1	3	1	2	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3		

Competência C3 – Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos

Alunos	Qual a relação entre a concentração da espécie absorvente e a absorvância?			Podemos usar células de espessura diferente noutra série de leituras?					Porque é que a cor amarela do reagente de desenvolvimento de cor não interfere nos valores de absorvância?			Imagine que o ião a dosear com o solvente originam uma solução corada e vai medir a sua absorvância. Como prepararia o branco?		
	1	2	3	1	3	Justificação			1	2	3	1	2	3
						1	2	3						

N – Não apresentou;
S – Sim, apresentou;
1 – Resposta com qualidade de nível negativo;
2 – Resposta com qualidade de nível suficiente;
3 – Resposta com qualidade de nível bom ou muito bom.

Figura 4.9 – Grelhas de observação concebidas para avaliar as competências C1, C2 e C3 do TL 2 – *Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas*.

Como se pode constatar, a grelha para avaliar a competência C1 – *Compreensão do problema a resolver*, inclui itens relacionados com as tarefas da primeira parte do TL 2, cujas respostas permitirão avaliar o nível de conhecimentos adquiridos pelos estudantes e, no seu conjunto, avaliar o nível de desenvolvimento da competência em causa. Assim, o item *Sugestão das concentrações das soluções padrão*, indica à professora que deve averiguar se o estudante respondeu à primeira parte da tarefa 1 (*Pretende determinar-se a concentração de PO_4^{3-} em duas amostras de água, por espectrofotometria no visível, pelo método da recta de calibração. Suponha que, por comparação com outras amostras de água com a mesma proveniência, se suspeita que as concentrações das amostras se situam entre 1 e 2 mg PO_4^{3-} /dm^3. Sugira valores para as concentrações de PO_4^{3-} em três soluções padrão. Justifique a sua escolha*). Os números 1, 2 e 3 correspondem a níveis de qualidade das respostas: 1 – resposta com qualidade de nível negativo; 2 – resposta com qualidade de nível suficiente; 3 – resposta com qualidade de nível bom ou muito bom. Quanto ao

item *Justificação*, apenas se consideraram dois níveis possíveis de resposta (1 ou 3), por se tratar de uma justificação simples que, ou estará globalmente mal (nível 1) ou globalmente bem (nível 3). Para o item *Preparação das soluções padrão*, este relaciona-se com a segunda parte da tarefa 1 (*Descreva como deve preparar as soluções padrão que indicou, a partir de uma solução padrão-mãe de fosfatos 10,97 mg KH_2PO_4/dm^3, explicitando os procedimentos técnicos e material adequado a utilizar. Apresente todos os cálculos necessários.*), incidindo em três aspectos da resposta: a descrição geral do procedimento, com a indicação do cálculo do volume a pipetar para preparar uma das soluções padrão; a indicação de procedimentos técnicos específicos a executar, (por exemplo, referir que devem homogeneizar as soluções na parte final da sua preparação); e referir o material de laboratório adequado a usar. Os restantes itens para avaliar a competência C1 seguiram os mesmos critérios.

A grelha para avaliar a competência C2 – *Competências técnicas* inclui itens relacionados com procedimentos técnicos específicos. Por exemplo, o item *Medir volumes com bureta* indica à professora que deve averiguar se o estudante sabe manusear a bureta e medir o volume gasto com correcção (tirar o funil da bureta antes de acertar o nível do líquido, medir o nível do líquido fazendo a leitura pela base inferior do menisco, …). Note-se que os estudantes já prepararam soluções no TL 1. Para procedimentos mais simples, consideraram-se apenas os níveis de resposta 1 e 3, mas em procedimentos mais complexos ou que envolvam mais manuseamentos, consideraram-se os níveis de resposta 1, 2 e 3.

A grelha para avaliar a competência C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos* inclui itens relacionados com a competência em causa. Assim, o item *Porque é que a cor amarela do reagente de desenvolvimento de cor não interfere nos valores lidos de absorvância?* pretende averiguar se o estudante sabe relacionar esta circunstância com uma particularidade da técnica usada (uso do *branco*). Consideraram-se os níveis de resposta 1, 2 e 3. Com os restantes itens pretendeu-se verificar se o estudante compreendeu a relação entre o conhecimento teórico envolvido no TL 2 e a especificidade de certos procedimentos laboratoriais. Note-se que, a correcta execução das tarefas da primeira parte do TL 2, e um nível suficiente a bom ou muito bom de respostas na observação directa sobre C1 e sobre C3 permitem responder correctamente às tarefas da terceira parte do TL 2 sobre o tratamento de dados e a análise de resultados.

Foram usados os mesmos princípios na concepção das grelhas de observação para avaliar as competências em jogo nos restantes TL (1, 3 e 4).

• Teste de competências (TC)

Foi elaborado um teste para avaliar o desenvolvimento de competências seleccionadas do campo conceptual Equilíbrios de Solubilidade e para administrar em dois momentos distintos: antes e depois do ensino do campo conceptual referido. Este teste, designado por Teste de competências (TC), a administrar aos estudantes dos casos de investigação-acção e avaliativo, foi concebido com 4 questões sobre Equilíbrios de Solubilidade (ver anexo V). O teste foi previamente validado recorrendo à análise feita por um perito em didáctica das ciências físicas e por uma perita na área científica de química.

As competências que se pretenderam avaliar e as questões colocadas aos estudantes são apresentadas na tabela 4.6. Note-se que as competências a avaliar constam das enumeradas na tabela 4.4, embora as designações simbólicas agora usadas não sejam as dessa tabela.

Por exemplo, vejamos as tarefas correspondentes à questão-tipo Q1 *Explicar, do ponto de vista químico, o fenómeno descrito, dada uma situação química, utilizando a maior profundidade possível na explicação.*

Tabela 4.6 – Competências avaliadas e respectivas questões-tipo.

Competências	Questões-tipo
C1 – Utilizar modelos de situações químicas([1]). **C2 –** Utilizar as relações entre conceitos numa situação química([2]).	**Q1.** Explicar, do ponto de vista químico, o fenómeno descrito, dada uma situação química, utilizando a maior profundidade possível na explicação.
C3 – Utilizar conceitos em situação([3]).	**Q2.** Associar afirmações a casos de uma situação química dada, mobilizando conceitos.
C2 – Utilizar as relações entre conceitos numa situação química([2]).	**Q3.** Determinar as condições em que dois determinados fenómenos ocorrem, numa situação química particular.
C4 – Estruturar relações entre conceitos([4]).	**Q4.** Elaborar um mapa de conceitos.

([1]) Corresponde à competência CE3 da tabela 4.4.
([2]) Corresponde à competência CE4 da tabela 4.4.
([3]) Corresponde a um aspecto particular da competência CE3 da tabela 4.4.
([4]) Corresponde à competência CE6 da tabela 4.4.

A tarefa 1.a) (ver figura 4.10) pretende avaliar a competência C1 – *Utilizar modelos de situações químicas* e a tarefa 1.b) (ver figura 4.10) pretende avaliar a competência C2 – *Utilizar as relações entre conceitos numa situação química*. Também as tarefas 3.a) e 3.b) (ver figura 4.10), correspondentes à questão-tipo Q3 *Determinar as condições em que dois determinados fenómenos ocorrem, numa situação química particular*, pretendem avaliar a competência C2 – *Utilizar as relações entre conceitos numa situação química*.

---

1. Situação: Considere um terreno recentemente adubado situado numa encosta perto de um ribeiro. Ao longo de alguns dias de chuva, parte dos fertilizantes[1] são arrastados para o curso de água pelas águas das chuvas. No entanto, a presença dos fertilizantes na água do ribeiro não é detectada a olho nu, à excepção das suas consequências a longo prazo, como a eutrofização das águas, ou mediante determinadas análises químicas.

[1]fertilizantes (ou adubos) – compostos como NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2$, K_2SO_4, $NaNO_3$, $(NH_4)_3PO_4$, ou misturas destes compostos, necessários para o crescimento das plantas.

Tarefas:

a) Descreva, do ponto de vista químico, o facto da presença de fertilizantes na água do ribeiro não ser detectada a olho nu.

b) Explique, do ponto de vista químico, o(s) fenómeno(s) descrito(s) em **a)**. Utilize a maior profundidade que lhe for possível na explicação.

3. Situação: Suponha que pretende dissolver (solubilizar) a massa *m* do composto carbonato de magnésio, $MgCO_3$, em 1 L de água, a 25 ºC.

Dados: $K_{ps}(MgCO_3) = 4{,}0 \times 10^{-5}$, a 25 ºC
$M(MgCO_3) = 84{,}32$ g mol^{-1}

Tarefas (considere que não há variação de volume quando junta o composto à água)**:**

a) Em que condições conseguirá dissolver completamente a massa *m* do carbonato de magnésio?

b) Em que condições se estabelecerá um equilíbrio entre o composto sólido e os seus iões em solução?

Figura 4.10 – Tarefas 1.a), 1.b), 3.a) e 3.b) do Teste de competências.

• Diário de bordo (D)

O Diário de bordo (D) é um registo onde estão anotados aspectos considerados relevantes para responder às questões de investigação. No caso presente, a professora/investigadora propôs-se elaborar, após cada aula, ou logo que possível, um registo áudio com comentários, relatos e observações sobre aspectos relacionados com a aprendizagem dos estudantes e com o desenho curricular, a sua implementação e a sua gestão. Esta gravação áudio constituiu a base do Diário de bordo, mas tratou-se de um registo com um cunho muito pessoal. Posteriormente, a professora/investigadora fez a sua transcrição, para facilitar o tratamento das informações lá contidas. Finalmente, elaborou o Diário de bordo propriamente dito, fazendo um registo mais reflectido e conciso dessas transcrições, onde se pretenderam captar elementos que permitam, eventualmente, relacionar a qualidade das aprendizagens dos estudantes com características do desenho curricular e do ensino. Os dados recolhidos vêm complementar os obtidos com os restantes instrumentos, conferindo-lhes alguma unidade, coerência e, espera-se, contribuindo para o estabelecimento de nexos de causa-efeito. Um exemplo desses registos do Diário de bordo é o que a seguir se apresenta:

6ª Aula Data: 20 e 21/10/2004 (3 turmas *práticas*)

Após a conclusão da discussão da segunda ficha de trabalho em grande grupo, fiz a distribuição de textos com notícias sobre águas contaminadas. Foi a partir daqui que desenvolvi a abordagem da composição das águas naturais, poluídas ou não, fazendo-os responder individualmente a uma ficha de trabalho (nº 3) após a leitura dos textos. Nesta ficha, as tarefas pretendiam avaliar os conhecimentos prévios dos alunos relativamente aos conceitos de água, água "pura" e água contaminada, água do ponto de vista químico e despertar os alunos para o envolvimento nas suas aprendizagens. Daí, seguiu-se a apresentação de matéria: *Tipos de matéria: substâncias (elementares e compostas) e misturas (homogéneas e heterogéneas). Estados de agregação da matéria. Densidade de uma substância. Tipos de propriedades da matéria: físicas e químicas. Moléculas (homonucleares e heteronucleares). Fórmulas químicas. Fórmulas moleculares*.

(Verifiquei que alguns dos alunos repetentes dinamizavam mais as aulas e conseguiam relacionar a questão das águas poluídas com a composição química, matéria dada nas aulas e propósito que eu queria atingir; por outro lado, outros alunos repetentes não estavam a acompanhar as aulas, nem a percebê-las e não

conseguiram relacionar os contextos com a química que estava a ser dada; pareciam estar desinteressados).

7ª Aula Data: 25/10/2004

Continuei a apresentação de matéria: *Compostos cujas unidades básicas são moléculas. Compostos cujas unidades básicas são átomos. Compostos cujas unidades básicas são iões*. Referência a *compostos covalentes moleculares, compostos covalentes de rede tridimensional e compostos iónicos*. Isto para chegar ao interesse de existir uma FE que representa compostos covalentes de rede tridimensional e compostos iónicos, ao contrário das FM que representam compostos covalentes moleculares. *Fórmulas empíricas*.

8ª Aula Data: 25/10/2004

Continuei a apresentação de matéria: Revisões sobre os conceitos de *mole* e *número de Avogadro*. Resolução de um exercício sobre fórmulas empíricas, com referência a *algarismos significativos* e regras da sua utilização em cálculos (esta matéria foi apresentada em apontamentos que dei aos alunos logo no início do ano, para eles estudarem por eles; alguns já deviam saber por terem dado no secundário, principalmente, em técnicas laboratoriais de química, ou por serem repetentes. Verifiquei que eles não leram os apontamentos sobre a.s. e disse-lhes que isso era muito importante, por a química ser uma ciência experimental, e reforcei que eles poderiam recorrer a mim no horário de atendimento (coisa que ainda não tinham feito, nem sequer para a preparação do 1º trabalho de laboratório, já para a aula seguinte). *Soluções. Solvente e soluto(s). Soluções aquosas. Solução saturada. Solubilidade*. Noção de *concentração de soluções*. Na medida em que o próximo TL era sobre preparação de soluções, por não ter tempo nesta aula, por ter as definições de vários tipos de concentração no enunciado do TL e por achar que os alunos já teriam dado estes conceitos no secundário, achei que eles deveriam conseguir preparar-se para as tarefas. Assim, preferi dar-lhes todas as noções e indicações sem as quais eles não perceberiam o TL, e saltei sobre as noções de *tipos de soluções*, para ter tempo para o fundamental. Disponibilizei-me para lhes tirar dúvidas na véspera da aula laboratorial (extra horário de atendimento).

• Testes de avaliação de conhecimentos

Foram elaborados testes para avaliar conhecimentos aprendidos e algumas competências desenvolvidas pelos estudantes. Tal como já foi explicado na secção 4.2.1., na Concepção da avaliação, houve duas modalidades de avaliação das aprendizagens dos estudantes. No caso da avaliação periódica, conceberam-se dois testes parciais, designados de tarefas de avaliação periódica (TA), e um teste final (T). Para a avaliação por exame final, concebeu-se um teste apelidado de exame final (E). A primeira TA era para administrar aos estudantes sensivelmente a meio do semestre e a segunda TA no final. Tanto o teste final como o exame eram, obviamente, para os estudantes responderem após as aulas terem terminado. Todos os testes de avaliação de conhecimentos foram elaborados para avaliar conhecimentos aprendidos e o desenvolvimento de algumas competências e basearam-se, essencialmente, em exercícios de aplicação de conceitos e suas relações, com algumas questões de utilização de relações entre conceitos numa situação química. As TA incidiram sobre conhecimentos e competências de cada parte do semestre, com 7 a 10 questões para serem respondidas em grupos de 2-3 estudantes, durante um tempo previsto de 1h30m. O teste final e o exame incidiram sobre conhecimentos e competências de todo o semestre, com 12 a 15 questões para serem respondidas individualmente, durante um tempo previsto de 2h30m.

Vejamos o exemplo de uma questão de cada tipo (ver figura 4.11). As questões 1.a) e 1.b) são tarefas que utilizam uma situação química facilitadora da mobilização dos conhecimentos dos estudantes e que visam a utilização de relações entre conceitos numa situação química. As questões 3.a) e 3.b) são tarefas do tipo mais convencional que visam a aplicação de conceitos.

1. Leia o texto fornecido sobre o projecto de gestão de resíduos de embalagens e de medicamentos fora de uso (Anexo), desenvolvido pela empresa VALORMED. De seguida, responda às questões:

a) Transcreva um extracto do texto onde esteja claro que, actualmente, ainda se pratica o modelo de desenvolvimento de exploração incontrolada. Explique.

b) Dê um exemplo de inter-relações entre a sociedade, a ciência, a tecnologia e o ambiente implícitas neste projecto.

3. O oxigénio molecular foi descoberto a partir da decomposição térmica do óxido de mercúrio em mercúrio metálico, Hg, e oxigénio gasoso, O_2.

a) Quando se aquece uma amostra de 1,048 g de óxido de mercúrio obtém-se um resíduo de 0,971 g de mercúrio. A partir destes dados, determine a fórmula empírica do óxido de mercúrio.

b) Escreva a equação química que traduz a transformação referida.

ANEXO

O QUE É A VALORMED?

Porquê a criação de um Sistema Integrado de Recolha de Embalagens e Medicamentos fora de uso?

A gestão adequada de resíduos é um desafio inadiável para as sociedades modernas.
Cada ser vivo necessita de uma quantidade mínima de espaço natural para sobreviver, espaço que corresponde à "Pegada Ecológica" de cada um de nós.

O aumento da população mundial e as crescentes necessidades da sociedade de consumo, levam a que a taxa de consumo de "capital natural" já é superior à sua taxa de reposição, pelo que as práticas agressivas ao ambiente têm de terminar.

Temos de viver de acordo com o que a Terra pode fornecer e não com o que gostaríamos que fornecesse...

Mas qual a ligação entre os Medicamentos e o Ambiente?
É que as embalagens de medicamentos e os medicamentos fora de uso são um resíduo, que deve ser devidamente tratado, tal como os outros resíduos sólidos urbanos, para minimização do impacto ambiental.

Conscientes da especificidade do medicamento mesmo enquanto resíduos, a Indústria Farmacêutica, responsável pela gestão dos resíduos de embalagens que coloca no mercado, associou-se aos restantes intervenientes da "fileira do medicamento" - Distribuidores e Farmácias - e criaram a VALORMED Sociedade responsável pela gestão dos resíduos de embalagens e medicamentos fora de uso.

Porquê um sistema autónomo para os resíduos de medicamentos?

Porque a especificidade do medicamento aconselha a que exista um processo de recolha seguro, evitando-se, por razões de saúde pública, que os resíduos de medicamentos não estejam "acessíveis" como qualquer outro resíduo urbano.

Procura-se ainda que, por razões ambientais, os resíduos de medicamentos não contaminem os resíduos urbanos, prejudicando a valorização desses resíduos quer na componente compostável (*), quer nos materiais objecto de reciclagem.(**)

Assim, a experiência da Indústria Farmacêutica em matéria de produção, embalagem e acondicionamento de medicamentos, associada à logística operacional garantida pelos Distribuidores, é potenciada com a adesão de mais de 2.300 Farmácias, como locais de recolha e de aconselhamento ao público, o que tem vindo a ser feito com grande empenho por parte da classe farmacêutica.

Está assim criado um Sistema, gerido pela VALORMED, com enormes mais valias em termos ambientais.

Em 2003 foram recolhidas e sujeitas a valorização energética 365 toneladas - 1 tonelada/dia - de resíduos de embalagens e medicamentos.

Embora o Sector do Medicamento represente menos de 0,5% dos Resíduos Sólidos Urbanos, o projecto VALORMED justifica-se em termos de saúde pública e ambiental.

Os cuidados especiais exigidos na manipulação dos medicamentos aconselham a que os respectivos resíduos tenham um sistema seguro de recolha, em contentores devidamente identificados e invioláveis, destinados à valorização energética, ou seja, através do sistema de incineração os resíduos contribuem para a produção de energia, não sendo um simples sistema de eliminação de resíduos.

(*) Compostagem o que é?
Trata-se de um processo de transformação de resíduos que permite qe 3kg de matéria orgânica originem 1 kg de fertilizante de boa qualidade... Anualmente uma família média "deita fora" cerca de 500kg de restos de comida...

(**) Reciclar o que é?
Trata-se de um processo de reutilização dos materiais.
Sabia que a energia produzida pela reciclagem de uma garrafa de vidro de 1 litro, é suficiente para manter acesa uma lâmpada de 100 watts durante 4 horas?

Extraído de www.valormed.pt, em 12.01.05.

Figura 4.11 – Tarefas 1.a), 1.b), 3.a) e 3.b) do teste de avaliação final e texto anexo.

• Relatórios dos trabalhos de laboratório

Já foi dito que os relatórios dos trabalhos de laboratório consistem na resolução das questões da terceira parte de cada TL. Há dois tipos essenciais de questões: as relativas ao tratamento dos dados recolhidos e à capacidade crítica face aos resultados obtidos e as relativas a extensões dos conhecimentos dos estudantes. Com o primeiro tipo de questões pretendia avaliar-se o desenvolvimento da competência C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos.*

4.3. ANÁLISE DO ENSINO

Já foi dito que a primeira fase do estudo foi elaborada tendo em vista responder às questões de investigação formuladas: Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*, Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?* e Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?* Portanto, esta secção da análise do ensino é fundamental para se mostrar quais os dados que temos e de que modo estes nos vão permitir responder às questões de investigação.

Então, numa primeira etapa, vamos apresentar os objectos da análise, as dimensões de análise e os critérios segundo os quais essa análise será feita (secção 4.3.1.). De seguida, na secção 4.3.2., será apresentada a descrição geral do ensino, para que fiquem claras a sequência e a articulação de todas as componentes do desenho curricular, tal como as circunstâncias da sua implementação e da sua gestão. Finalmente, da secção 4.3.3. constará a descrição de alguns episódios do ensino e a sua análise, de acordo com os objectos, as dimensões e as categorias de análise seleccionados, em articulação com as questões de investigação. Na secção 4.5. são apresentados os resultados preliminares obtidos com a primeira fase do estudo.

4.3.1. Objectos, dimensões e categorias de análise do ensino

Para que seja possível responder às questões de investigação formuladas, vamos apresentar os objectos, as suas dimensões e as categorias de análise, seleccionados de modo a permitir organizar, avaliar, interpretar e criticar os dados recolhidos e os resultados obtidos. Assim, para cada questão apresentamos o objecto e respectiva dimensão de análise e as categorias seleccionadas.

Questão Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*

Objecto de análise 1 – *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes*.

Dimensão de análise – *O desenho curricular*.

O *desenho curricular* corresponde (i) aos conhecimentos a ensinar e às competências e atitudes a desenvolver nos estudantes numa determinada disciplina; e (ii) às acções concebidas e/ou providenciadas para promover as aprendizagens pretendidas, que se traduzem (a) pela concepção e/ou selecção, sequenciação e articulação das componentes do ensino (conceitos, competências, contextos, recursos didácticos, tarefas, avaliação, entre outros) e (b) pelo delineamento prévio da implementação e da gestão do ensino, nomeadamente, a escolha dos momentos para o professor fazer a apresentação teórica, propor as tarefas e fazer a mediação das aprendizagens dos estudantes e a definição dos traços de mediação do professor, tendo em conta os conhecimentos prévios dos estudantes e os conhecimentos e competências a atingir. A este conceito corresponde o de *currículo pretendido* ou *intencional* (ver secção 2.2.).

Categorias de análise – São várias, a saber:

- *Características da tarefa;*
- *Ensino que a tarefa proporciona;*
- *Aprendizagem que a tarefa proporciona;*
- *Sequência de apresentação das tarefas.*

A tarefa refere-se ao trabalho pedido ou exigido ao estudante, que ele deve executar para alcançar uma resposta a uma questão ou a outro tipo de solicitação (ver secção 2.2.1.). Nesta investigação, as tarefas foram formuladas de acordo com os aspectos da aprendizagem conceptual que aquelas pretendiam desencadear, por exemplo, a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes ou a reestruturação do campo conceptual em jogo. As tarefas podem ser de vários tipos, como o uso de esquemas de acção para usar e relacionar conceitos ou manipular instrumentos, a resolução de problemas, o trabalho por projecto, entre outros.

Para analisar a categoria *Características da tarefa* vamos recorrer aos seguintes critérios, que podem existir em diferentes graus:

– Aberta/fechada;
– Estruturada/não estruturada;
– Tipo e quantidade de informação fornecida;
– Tipo de situação química e seu contexto;
– Modelização da situação química;
– Obstáculo;
– Dificuldade conceptual;
– Orientação de resolução;
– Conhecimento prévio de um algoritmo.

A categoria *Ensino que a tarefa proporciona* refere-se ao ensino desencadeado pela tarefa em causa, e praticado pela professora, e pode ter, desde um cariz mais expositivo, isto é, centrado no professor, até um cariz mais centrado na actividade do estudante.

A categoria *Aprendizagem que a tarefa proporciona* relaciona-se com a qualidade das aprendizagens dos estudantes, decorrente dos processos científicos mobilizados pelos estudantes, podendo ser, desde o uso de informação ou de algoritmos de forma imediata, até ao relacionamento ou processamento de informação ou de conhecimento de forma nova ou em situações novas.

A categoria *Sequência de apresentação das tarefas* diz respeito à ordem segundo a qual são apresentadas aos estudantes tarefas de características diferentes.

Para responder à questão Q1, na primeira fase do estudo, não analisámos a *mediação planeada*, pois esta componente do desenho curricular, de facto, não existiu.

Questão Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*

Objecto de análise 2 – *As interacções entre a professora e os estudantes nos trabalhos práticos (TP), nos trabalhos laboratoriais (TL) e nas aulas de cariz expositivo.*

Dimensão de análise – *A mediação da professora*.

Por mediação entende-se a acção (verbal e não verbal) do professor para tentar desenvolver os conhecimentos, competências e atitudes do estudante solicitados pelos currículos intencionais (ver secção 2.2.1.). A acção do professor consiste em fornecer suporte (conceptual, operatório, de estrutura conceptual, …) aos estudantes que lhes permita responder a solicitações complexas de conteúdos e capacidades, isto é, facilitando e promovendo a apropriação de conceitos e o desenvolvimento de competências, em circunstâncias em que estes, sem a intervenção do professor, não teriam condições para o fazer.

Categorias de análise – São várias, a saber:

- *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora;*
- *Explicitação das ligações entre conceitos;*
- *Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes.*

A categoria *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora* refere-se a um conjunto de aspectos da mediação da professora exercida perante a manifestação de dificuldades dos estudantes em executar as tarefas propostas. Estas dificuldades podem ser conceptuais, de linguagem, de tempo concedido ou relacionadas com a maior ou menor profundidade da resposta. A mediação da professora, nestes casos, manifestou-se pela explicitação e clarificação da tarefa a executar, pela explicitação de conceitos e suas relações, ou mesmo pela negociação com os estudantes de aspectos das próprias tarefas (o tempo a disponibilizar para a sua execução, o momento para as executar ou a sua concepção).

A categoria *Explicitação das ligações entre conceitos* diz respeito às várias formas de estabelecer ligações entre conceitos, como por exemplo, fazendo pontos da situação ao longo do processo de ensino, estabelecendo pontes entre conceitos, entre assuntos, ou entre conceitos e assuntos, de momentos diferentes do ensino, revisitando certos conhecimentos prévios, depois da apresentação teórica ou da execução de tarefas, para reestruturar conceitos.

A categoria *Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes* diz respeito a um aspecto particular da mediação da professora perante as dificuldades dos estudantes durante a observação directa (OD) da primeira parte dos TL: dar orientação para que o estudante consiga executar, passo a passo, a sua tarefa (por exemplo, simplificando a linguagem, clarificando conceitos ou estabelecendo etapas da resolução do problema proposto) ou conceder autonomia para que o estudante prossiga no seu percurso de aprendizagem durante a execução das tarefas propostas ou da apresentação do seu trabalho (por exemplo, estipulando a preparação prévia dos TL sob a forma de problema a resolver e fora das aulas, ou não interrompendo o raciocínio de um estudante na sua resposta, aguardando posterior oportunidade para eventuais esclarecimentos).

Em resumo, temos: dois objectos de análise, *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes* (Objecto 1) e *As interacções entre a professora e os estudantes nos TP, nos TL e nas aulas de cariz expositivo* (Objecto 2); duas dimensões de análise, *O desenho curricular* e *A mediação da professora*; e sete categorias de análise, *Características da tarefa, Ensino que a tarefa proporciona, Aprendizagem que a tarefa proporciona, Sequência de apresentação das tarefas, Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora, Explicitação das ligações entre conceitos e Orientação dada /autonomia concedida no trabalho dos estudantes.*

4.3.2. Descrição geral do ensino

O ensino que a professora/investigadora praticou corresponde, neste caso, à implementação e gestão do desenho curricular concebido. Portanto, descrever o ensino passa por descrever as acções postas em prática, explicitando os seus propósitos e circunstâncias de acção. Nesta secção, apresentamos os aspectos gerais da implementação e gestão do desenho curricular, apresentando na coluna à direita a identificação da aula (com a tipologia institucional – T ou P – e a data) e assinalando os episódios de ensino (com ***Epis.***) que serão descritos mais detalhadamente e analisados na secção seguinte (4.3.3), de modo a permitir-nos responder às questões de investigação.

• A professora/investigadora leccionou a totalidade das aulas da disciplina, tendo, no entanto, organizado as aulas de acordo com um critério diferente do institucional. Respeitando a carga horária semanal de cada estudante, a professora/investigadora leccionou no horário das aulas *teóricas* e das aulas *práticas*, indistintamente, à excepção dos dias em que eram executados trabalhos laboratoriais (TL). Nestas situações, tinha de se respeitar o horário previsto para este tipo de actividades, devido à disponibilidade condicionada do laboratório. As aulas do horário das *teóricas* foram leccionadas uma vez por semana em blocos de 50+50 minutos. De acordo com o tipo de ensino a decorrer, assim era feito, ou não, um intervalo de 10 minutos entre cada bloco de 50 minutos, pois as aulas em que havia trabalho prático em grupo (TP) eram mais produtivas se elas funcionassem em blocos de 110 minutos seguidos. Note-se que haver ou não intervalo foi sempre acordado entre a professora e os seus estudantes. Do mesmo modo, as aulas que funcionavam no horário das *práticas* tinham ou não intervalo de acordo com o tipo de ensino a decorrer. A professora/investigadora foi submetida a um esforço de coordenação entre os TL e a apresentação teórica ou os TP, de forma que, sempre que surgisse o momento adequado para um TL, o laboratório estivesse disponível. A salvaguarda deste aspecto foi muito importante, para que nunca se avançasse para uma apresentação teórica, por exemplo, sem que os estudantes tivessem o TL executado na altura certa, de acordo com a sequência prevista para as diversas actividades lectivas.	
• As aulas desta disciplina iniciaram-se, como é habitual, com a apresentação aos estudantes da professora e da disciplina, quanto aos conteúdos a	1ª e 2ª aulas (T)

ensinar, à metodologia de ensino e à avaliação à disciplina. A leccionação, propriamente dita, da disciplina começou com a apresentação da mesma aos estudantes, sendo utilizada como ponto de partida para o ensino de conceitos fundamentais e transversais a várias disciplinas. Assim, a primeira abordagem à unidade curricular 1 – *Introdução à disciplina* (ver tabela 4.5) começou por uma discussão, com e entre os estudantes, promovida pela professora/investigadora, sobre o significado do conceito *química* como área científica e acerca da relevância da disciplina para a compreensão dos fenómenos do dia-a-dia e de problemas ambientais. Seguiu-se uma discussão sobre os conceitos *ciência*, *tecnologia*, *sociedade* e *ambiente* e foram exploradas as relações existentes entre eles. De seguida, a professora distribuiu aos estudantes a ficha de trabalho nº1 e o texto *Tecnologias e Sociedade* (ver anexo I), recurso a utilizarem com a ficha, para resolverem em casa até à aula seguinte.	11-Out ***Epis. 1*** 2ª aula (T) 11-Out
• Para a aula seguinte estava reservado, há já algum tempo, um anfiteatro para o visionamento de um filme, pelo que teve de se aproveitar a disponibilidade deste espaço naquele dia. Por isso, a discussão da ficha de trabalho nº1, que estava previsto fazer-se, teve de ser adiada para depois da exibição do filme. Ora, como este estava integrado noutra ficha de trabalho (a ficha nº2) a professora/investigadora teve de distribuí-la entretanto. Esta circunstância forçou a professora/investigadora a fazer uma apresentação antecipada de conceitos, cujo significado importava clarificar, para melhor compreensão do filme que iria ser passado: *impacte ambiental, ecologia, ecossistemas, recursos naturais,* entre outros, e discutiu os respectivos significados com os estudantes. A ficha de trabalho nº2 usou como recursos o programa *Ambiente e Crescimento Demográfico* do filme *Educação Ambiental* (Caeiro, 1999), que abordou superficialmente uma série de conceitos, entre eles, *crescimento demográfico, problemas ambientais* e *desenvolvimento sustentável*, e o texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental*, sobre *tipos de desenvolvimento económico* (ver anexo I). A execução das tarefas propostas na ficha de trabalho nº2 proporcionou uma clarificação dos significados dos conceitos em jogo e uma discussão sobre as inter-relações entre vários conceitos de diversas áreas científicas e a tecnologia, a sociedade e o ambiente, mas desta vez relativamente a contextos mais diversificados e abrangentes do que as implícitas no texto *Tecnologias e Sociedade* da ficha de trabalho nº1. • Como a sequência prevista para as aulas teve de ser alterada, tal como já foi explicado (por causa do filme), isto teve implicações na implementação destas	3ª e 4ª aulas (P e T) 13 e 18-Out ***Epis. 2***

aulas. Assim, a professora não teve oportunidade de distribuir previamente à aula o texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental*, o que teve de ser feito apenas no dia da exibição do filme. Então, ao contrário do que estava estipulado, a execução das tarefas da ficha de trabalho nº2 foi feita, numa primeira fase, em pequenos grupos de estudantes, na sala de aula. Depois, foi alargada a toda a turma, incluindo a professora, ou seja, em grande grupo.	
• Na aula seguinte houve, finalmente, a oportunidade de se passar à discussão da ficha de trabalho nº 1, distribuída na 2ª aula. De acordo com o que estava previsto, os estudantes deveriam ter trazido as suas respostas obtidas em pequenos grupos numa folha à parte, para entregar à professora, e passar-se-ia de imediato para a discussão das tarefas em grande grupo. Ora, perante a constatação de que os estudantes não tinham realizado o trabalho esperado, a professora teve de disponibilizar algum tempo na sala de aula para esse trabalho em pequeno grupo antes de o alargar à turma toda.	5ª aula (T) 18-Out ***Epis. 3***
• As tarefas foram concebidas, já o dissemos, de modo a suscitarem (i) a reflexão e a discussão acerca da(s) situação(ões) química(s) e dos conhecimentos prévios dos estudantes, (ii) a problematização e a procura de respostas ou vias de resolução de problemas, (iii) a reflexão acerca dos conceitos científicos postos em jogo e sua reconceptualização e/ou reestruturação, (iv) a apropriação de novos conceitos e a extensão e interligação dos campos conceptuais envolvidos . Por isso, durante os TP, os estudantes foram organizados em grupos de 3 a 4 elementos e trabalharam em pequenas mesas em torno das fichas de trabalho. Após a conclusão do trabalho em pequenos grupos, numa primeira fase, a professora desencadeou a reflexão e a discussão em grande grupo, ou seja, na turma toda. Enquanto que, no trabalho em pequeno grupo, a intervenção da professora surgia apenas em resposta às solicitações expressas pelos estudantes, já o trabalho em grande grupo foi mediado, estipulada e deliberadamente, pela professora. Nesta fase, a professora escrevia no quadro da sala, ou num acetato em projecção, as respostas dadas por cada grupo e depois solicitava a intervenção dos estudantes no sentido de comentarem e/ou interpretarem possíveis discordâncias ou alternativas de respostas. A professora procurava promover, assim, o debate de ideias, livre e profícuo (ver tabela 4.4 quanto ao desenvolvimento de atitudes e competências) e moderava as intervenções, tanto no tempo, como conceptualmente. A mediação conceptual passava por identificar eventuais ideias prévias dos estudantes sobre o assunto e dificuldades de aprendizagem, e intervir, explicitando conhecimentos de índole teórica, prática e/ou	

experimental, reestruturando os conceitos envolvidos e reorganizando o campo conceptual específico (ou seja, avaliando as aprendizagens dos estudantes e fazendo a mediação da sua construção).	
• Seguiram-se as restantes unidades curriculares associadas às respectivas problemáticas ambientais seleccionadas. O desenvolvimento da abordagem química de cada problemática ambiental, bem como a sequência das problemáticas, seguiu a mesma lógica global.	
• A passagem para a unidade curricular 2 – *Águas* (ver tabela 4.5) foi estabelecida com a apresentação de excertos ou adaptações de várias notícias relacionadas com a contaminação de águas naturais e de uma fotografia de peixes mortos (ver anexo I). Seguiu-se uma apresentação na turma dos significados das expressões *água pura* e *água poluída* propostos pelos estudantes, em resposta a questões colocadas pela professora. Sem fazer comentários às respostas dadas pelos estudantes, a professora/investigadora apresentou a ficha de trabalho nº3 (ver anexo I) cujas tarefas se reportavam aos textos e à imagem distribuídos anteriormente. Ao contrário dos restantes TP, neste pretendia-se apurar, *individualmente*, numa primeira fase, os conhecimentos prévios dos estudantes relativamente à constituição da matéria, concretamente, da água, e averiguar se os estudantes estavam conscientes das circunstâncias de uso dos conceitos *pura*, *potável, contaminada*, *poluída*, entre outros. Posteriormente, a professora fez uma apresentação teórica dos conceitos *matéria, substância, mistura, átomo, molécula, fórmula química, fórmula molecular* e *fórmula empírica,* entre outros. Entretanto, a professora sugeriu que os estudantes fossem resolvendo, em casa, as fichas teórico-práticas nº1, nº2 e nº3, sobre algarismos significativos, fórmulas empíricas e nomenclatura de compostos inorgânicos, respectivamente. Após a resolução na aula de alguns exercícios de aplicação dos conceitos dados, a professora teve de avançar para mais apresentações teóricas, deixando para mais tarde o retorno à ficha de trabalho nº3, como estava previsto. Esta alteração impôs-se, pois o TL 1 (*Preparação de soluções aquosas conhecendo previamente as concentrações a obter*) já estava previsto para a aula seguinte, dia em que o laboratório estava disponível. Assim, teve de apresentar os conceitos *soluções*, *solvente, soluto, soluções aquosas* e *concentração de uma solução aquosa*, de modo a que os estudantes tivessem as condições mínimas para preparar devidamente as tarefas propostas na primeira parte do TL 1. Note-se que, dadas as circunstâncias de gestão do tempo e do espaço para a execução do TL 1, não foi possível abordar nas aulas, e antes do TL 1, os conceitos de *molaridade, molalidade,*	6ª aula (P) 20-Out ***Epis. 4*** 6ª e 7ª aulas (P e T) 20 e 25-Out 8ª aula (T) 25-Out

percentagem mássica, partes por milhão, fracção molar, massa por volume, densidade absoluta e *densidade relativa de uma solução,* nem de efectuar cálculos de interconversão entre estas unidades de concentração. No entanto, estes conceitos estavam devidamente explicitados na introdução do TL 1, sendo que os cálculos de interconversão daquelas unidades requeriam apenas competências matemáticas simples. Além disso, estes conceitos já deveriam ter sido abordados ao nível da disciplina de Ciências Físico-Químicas do ensino secundário.	
• Posto isto, surgiu a aula da execução do TL 1. Nesta aula, a professora começou por fazer a observação directa (OD) aos estudantes, individualmente, para avaliar o desenvolvimento da competência C1 – *Compreensão do problema a resolver*. Só depois executaram o procedimento experimental, com a preparação de duas soluções, uma a partir da dissolução de hidróxido de sódio sólido em água destilada e outra a partir da diluição de uma solução concentrada de ácido sulfúrico. As dificuldades sentidas e manifestadas pelos estudantes durante a OD, para avaliar a competência C1, elucidaram a professora quanto às lacunas que subsistiam relativamente à compreensão dos conceitos em jogo e suas relações e dos procedimentos experimentais, após a (única) aula dedicada a este assunto e a suposta preparação prévia do TL por parte dos estudantes. Por isso, e uma vez mais, a professora teve de alterar o que tinha previsto para o decorrer dos TL, optando então por apresentar uma explicação sobre o TL, nomeadamente sobre os conceitos em jogo e o procedimento laboratorial e técnicas de manuseamento do material. Só então foi distribuída a segunda parte do enunciado do TL, com o procedimento laboratorial, material e reagentes a utilizar, e a terceira parte do TL, com as tarefas cuja resolução constituiria o relatório. Durante a execução laboratorial, a professora avaliou as *Competências técnicas* – C2, recorrendo à OD, uma vez mais, mediando apenas quando necessário, no sentido de corrigir algum manuseamento ou técnica ou de alertar para algum cuidado a ter. Verificou que, neste caso, as competências técnicas tinham sido devidamente desenvolvidas, apesar do desconhecimento inicial, mas após os esclarecimentos feitos pela professora e a leitura cuidada do procedimento experimental. A avaliação da competência C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos* foi efectuada no final da execução laboratorial, individualmente, e, tal como se esperava após os resultados da avaliação da competência C1, verificou-se que os estudantes manifestaram dificuldades graves.	9ª aula (P) 27-Out ***Epis. 5***
• Atendendo à forma como a OD do TL 1 se tinha desenrolado, a professora entendeu que estava comprometida a adequada execução do relatório, sob a forma de	10ª aula

respostas às tarefas da terceira parte do TL 1. Portanto, a professora sentiu necessidade de voltar aos conceitos que não tinham sido tratados antes do TL 1 e passou à apresentação teórica, explicitando os conceitos *molaridade, molalidade, percentagem mássica, partes por milhão, fracção molar*, *massa por volume*, *densidade absoluta* e *densidade relativa de uma solução*, que representam formas diferentes de exprimir a concentração de soluções. Estabeleceu ainda a relação destes conceitos com o TL 1. Foram ainda resolvidos exercícios de aplicação dos conceitos anteriores e foi distribuída a ficha teórico-prática nº 4, sobre concentração de soluções.	(P) 03-Nov
• A professora apresentou outros *tipos de soluções* (pois para a preparação do TL 1 abordou apenas as *soluções líquidas* e as *soluções aquosas* em particular) e os conceitos *solubilidade*, *soluções saturadas, soluções insaturadas*, entre outros. Após esta apresentação teórica, a professora julgou oportuno fazer um ponto da situação. A professora começou por relacionar entre si os conceitos principais que tinha abordado nas últimas aulas, nomeadamente, *tipos de matéria, misturas homogéneas* e *heterogéneas* (tendo sido particularizadas as *misturas homogéneas aquosas* - *soluções aquosas* - porque se estava a tratar de águas naturais) e mostrou como essa abordagem era decorrente das situações químicas apresentadas com a ficha de trabalho nº3. A professora revisitou a ficha de trabalho nº3, estendendo à turma a reflexão sobre as tarefas, clarificando contextos, reconceptualizando em contexto, reestruturando campos conceptuais, etc. Tentou conduzir os estudantes à conclusão que, para compreenderem a razão de algumas substâncias se dissolverem bem em água e outras não, teriam de compreender a estrutura das substâncias. Esta atitude teve a intenção de estabelecer uma ponte com os conceitos que se iriam tratar a seguir: *ligação química, geometria molecular* e *forças intermoleculares*. Posto isto, a professora julgou estarem reunidas condições mais favoráveis ao envolvimento dos estudantes na aprendizagem de conceitos mais abstractos, tais como a *ligação química, electronegatividade, energia de ionização e afinidade electrónica de um elemento, ligação iónica, ligação covalente e ligação metálica*, os quais passou a apresentar.	11ª aula (T) 08-Nov ***Epis. 6*** 12ª aula (T) (início) 08-Nov
• A professora continuou com a apresentação teórica dos conhecimentos previstos abordar na Unidade curricular 2 – *Águas*: *compostos iónicos, compostos covalentes moleculares e compostos covalentes de rede tridimensional, ligações covalentes apolares e polares, estruturas de Lewis,* entre muitos outros. Promoveu, na aula, a resolução pelos estudantes de alguns exercícios de aplicação de *estruturas de Lewis*, o que foi feito em grande grupo. Distribuiu, entretanto, a ficha teórico-prática	12ª e 13ª aulas (T e P) 08 e 10-Nov

nº5 sobre ligação química e geometria molecular. Posto isto, a professora passou à abordagem do conceito de *geometria molecular*, começando pelos casos mais simples, isto é, para moléculas em que o seu átomo central não possui pares de electrões não ligantes. Seguiu-se a abordagem do *modelo de repulsão dos pares electrónicos da camada de valência*, da *geometria molecular*, para os casos de moléculas em que em que o seu átomo central possui pares de electrões não ligantes, e dos conceitos *momento dipolar de uma ligação* e *momento dipolar de uma molécula* e sua relação com a *polaridade de moléculas.* Foi feita a resolução de alguns exercícios envolvendo os conceitos anteriores. Nesta altura, estava prevista a execução do TL 2 na próxima aula. A professora recordou, uma vez mais, a sua disponibilidade para esclarecer os estudantes quanto à execução das tarefas prévias ao TL 2.	14ª e 15ª aulas (T) 15-Nov
• Chegou a aula para a execução do TL 2 (*Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas*). Na medida em que, i) no final da aula anterior, um grupo de estudantes comunicou à professora que não tinha percebido nada das tarefas a realizar para o TL 2, ii) no horário para o atendimento aos estudantes, os que compareceram apresentaram sérias dúvidas, iii) a larga maioria dos estudantes ia ter avaliação a outra disciplina nesse dia, argumentando que, por isso, não tinham tido tempo para tirar dúvidas sobre o TL 2, a professora resolveu fazer uma introdução ao TL previamente à OD. Assim, ela falou no problema a resolver, na técnica e no método a utilizar, nos conceitos envolvidos e suas relações com o problema a resolver e os estudantes colocaram as suas dúvidas, que foram esclarecidas. Perante o tempo extra gasto, a professora teve de abdicar da realização da OD sobre as competências C1, C2 e C3 e distribuiu as tarefas laboratoriais entre os vários grupos de estudantes, para que fosse possível executar o TL no tempo que restava. Este decorreu sem problemas ou dificuldades particulares.	16ª aula (P) 17-Nov ***Epis. 7***
• Já se constatou que a execução do TL 2 surgiu após uma apresentação teórica muito extensa, de cariz essencialmente expositivo, e sobre conceitos, muitos deles, com elevado nível de abstracção. A abordagem que se seguiu das *forças intermoleculares* foi feita a partir da referência à teoria cinética dos gases, líquidos e sólidos e do estabelecimento das relações entre as propriedades características dos estados físicos da matéria e as forças intermoleculares. Mas a aprendizagem mais profunda e extensa do conceito *forças intermoleculares* recorreu à apresentação de três textos e da ficha de trabalho nº4 (ver anexo I). As primeiras tarefas da ficha incidiram em dois textos baseados em notícias sobre o afundamento dos navios Nautila e Prestige. Ambos os navios transportavam substâncias químicas, diferentes,	17ª e 18ª aulas (T) 22-Nov

que se derramaram no oceano. A diferença de comportamentos, em meio aquoso, das substâncias derramadas foi usada como evidência da existência de diferentes interacções entre as substâncias, ou seja, diferentes forças intermoleculares. Posto isto, seguiu-se a resolução de várias outras tarefas, do tipo de exercícios de aplicação de conceitos, com base na leitura e análise do terceiro texto. Este, preparado a partir de um livro de texto, apresentava os conceitos relativos aos vários tipos de forças intermoleculares. A concepção deste texto foi pensada como alternativa à apresentação teórica feita pela professora, como via para o desenvolvimento da competência CT3 (*Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira*) da tabela 4.4. A sua integração num TP foi feita para facilitar a aprendizagem de conceitos, promovendo a sua apropriação em contexto. Foi entretanto distribuída a ficha teórico-prática nº6 sobre forças intermoleculares, para os estudantes irem resolvendo em casa. O trabalho prático foi, então, discutido em pequeno grupo, na sala de aula, e depois, em grande grupo, tal como já foi descrito anteriormente, para as primeiras tarefas da ficha de trabalho.	19ª aula (P) (início) 24-Nov
• A professora continuou com a apresentação teórica de mais conceitos para que pudessem ser compreendidos todos os tipos de forças intermoleculares, pois algumas envolvem iões (é o caso das forças envolvidas entre a substância derramada pelo navio Nautila e a água): *classificação dos solutos em solução aquosa (electrólitos e não-electrólitos), electrólitos fortes e fracos, dissolução de compostos iónicos em solução aquosa, dissociação e hidratação, ácidos e bases fortes e ácidos e bases fracos, ionização em água de ácidos fortes e ácidos fracos, reacções reversíveis e irreversíveis e equilíbrio químico* (a inclusão, aqui, de conceitos da unidade curricular 3 – *Chuvas ácidas* tornou-se necessária para que o conceito de electrólito e de outros relacionados fosse ensinado de forma mais completa e rigorosa). Voltou-se à análise da ficha de trabalho nº4, principalmente às últimas tarefas. A última tarefa foi elaborada com vista a orientar os estudantes a relacionarem a diferença de comportamentos, em meio aquoso, das duas substâncias derramadas e as diferentes forças intermoleculares em jogo. Posteriormente, prosseguiu-se com mais apresentação teórica: *o processo de dissolução analisado numa perspectiva molecular.* Uma vez mais, a professora resolveu alterar a sequência dos conteúdos a dar (ver tabela 4.5), passando logo para os calores de dissolução, da unidade curricular 5 – *A Entropia e o Desenvolvimento Sustentável*. Assim, apresentou os conceitos *processo de dissolução do ponto de vista energético, variação de entalpia de uma reacção (calor de reacção), variação de entalpia de dissolução, reacções endotérmicas* e *exotérmicas, aditividade de calores de reacção.* Esta abordagem teórica incidiu sobre o	19ª aula (P) (cont) 24-Nov 20ª e 21ª aulas (T) 29-Nov

processo de dissolução. Foram resolvidos alguns exercícios de aplicação dos conceitos anteriores e a professora sugeriu a resolução em casa da ficha teórico-prática nº7 sobre calores de reacção.	
• A aula seguinte foi para a execução do TL 3 *(Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio)*. Seguiu-se a OD sobre a competência C1. Nesta OD, os estudantes ainda tiveram algumas dificuldades, mas verificou-se que alguns já sabiam que dados precisavam de recolher na parte laboratorial para responder ao problema proposto. No entanto, a mediação da professora foi necessária para clarificar a necessidade de um procedimento experimental mais complexo, devido à ocorrência de uma reacção química indesejada (os estudantes nem sempre compreenderam que a sugestão dada vinha ao encontro deste problema adicional). Seguiu-se uma pequena apresentação ao trabalho, que incidiu sobre os aspectos menos claros deste e detectados na OD e, finalmente, a execução laboratorial. A professora teve de orientar os estudantes no procedimento laboratorial, no sentido de os tornar mais expeditos, para que o trabalho fosse executado completamente durante a aula (por exemplo, ajudando-os a regularem os bicos de Mecker para obterem uma chama mais energética, para que as reacções químicas se iniciassem). Apesar destas pequenas intervenções da professora, esta considerou que os estudantes desempenharam bem o procedimento laboratorial, pelo que se obtiverem bons resultados na OD sobre as competências técnicas. A avaliação da competência C3, com a OD efectuada no final da execução laboratorial, reforçou os bons resultados obtidos com a avaliação da competência C1 em relação à evolução das aprendizagens dos estudantes ao longo deste TL. Este foi o primeiro TL a decorrer dentro da normalidade, no que se refere ao tipo e grau de dificuldades apresentadas pelos estudantes, e à própria execução laboratorial.	22ª aula (P) 2-Dez ***Epis. 8***
• No seguimento da dissolução de compostos em água, a professora resolveu continuar com a apresentação de conceitos da unidade curricular 5 – *A Entropia e o Desenvolvimento Sustentável* (ver tabela 4.5), passando logo, dos calores de dissolução, para uma extensão a outros calores de reacção e para um pouco de termoquímica. Neste momento, com o avançar do semestre, houve a necessidade de passar para a apresentação de conceitos, sem que houvesse a oportunidade de apresentar uma ficha de trabalho com situações químicas para a mobilização dos conhecimentos prévios e a facilitação da apropriação dos novos conceitos. Assim, apresentou, de forma mais expositiva e com uma sequência diferente da prevista (ver tabela 4.5), os conceitos *espontaneidade de uma reacção química*, *entropia, variação*	23ª e 24ª aulas (T) 6-Dez

de entropia de uma reacção e variação de entropia de dissolução e fez uma referência breve à *variação da energia livre de Gibbs de uma reacção*, como critério da espontaneidade de uma reacção. Fez apresentação de conceitos à medida que foi resolvendo exercícios de aplicação: *energia de ligação* e sua relação com a *variação de entalpia de uma reacção*, *estado padrão*, *equações termoquímicas*.	
• A professora concluiu a apresentação teórica da unidade curricular 5 com o conceito *variação de entalpia de formação* de uma substância e resolveu mais alguns exercícios de aplicação de *calores de reacção*. Distribuiu aos estudantes a ficha de trabalho nº5 dando, assim, início à unidade curricular 4 – *Estabilidade de Espécies Químicas em Águas Naturais*. O início da sua resolução pelos estudantes, em grupos, constou na recordação dos conceitos *solubilidade de uma substância, electrólito forte e electrólito fraco*, com a tarefa 1. Seguiu-se a observação, pelos estudantes, do comportamento em água de dois compostos iónicos quando adicionadas massas iguais de ambos ao mesmo volume de água, execução esta feita pela professora a propósito das tarefas 2 (registo das observações) e 3 (descrição dos fenómenos observados) da ficha. Assim, os estudantes puderam constatar que um dos compostos, o Na_2CO_3, se dissolveu completamente na água, ao contrário do outro, o $CaCO_3$, cuja dissolução, nem parcialmente foi visível o olho nu. Para a explicação dos fenómenos observados (tarefas 4, 5 e 6), solicitou-se aos estudantes a leitura de um texto, onde se apresentavam conceitos relevantes, pretendendo-se que os estudantes mobilizassem conceitos e apropriassem outros para tentar explicar a diferença de comportamentos em água dos compostos iónicos em causa, ou seja, para aplicarem os conceitos relevantes no contexto da situação observada. Numa 1ª fase, os estudantes tiveram de mobilizar os conceitos *compostos iónicos muito solúveis, compostos iónicos pouco solúveis* e *compostos iónicos insolúveis em água*, em termos qualitativos, recorrendo, portanto, a regras de comportamento associados à composição dos compostos iónicos, o que fizeram sem dificuldades. Na fase seguinte, eles tentaram dar uma explicação em termos quantitativos, ou seja, recorrendo aos conceitos *constante do produto de solubilidade* e *solubilidade* para compostos iónicos pouco solúveis em água, entre outros, mostrando-se, assim, a coerência entre o valor calculado e o que se tinha verificado empiricamente. • No final da aula, a professora foi solicitada por vários estudantes para tirar dúvidas sobre o TL 4 *(Determinação da concentração de ácido numa chuva ácida)*. Não houve possibilidade de apresentar nas aulas, previamente à execução do TL 4, mais conceitos sobre equilíbrios de ácido–base, da unidade curricular 3 – *Chuvas*	25ª e 26ª aulas (T) 13-Dez

ácidas. No entanto, por analogia com os equilíbrios de solubilidade já abordados, com a introdução dada na primeira parte do TL e com os apontamentos de apoio à disciplina, a professora entendeu que era possível avançar para a preparação e execução deste TL pelos estudantes.	
• A aula sobre o TL 4 iniciou-se, como habitualmente, com a OD para avaliar a competência C1. Verificou-se que os estudantes sabiam, de um modo geral, o que iam fazer e porquê, o que se reflectiu nos resultados obtidos (ver secção 4.4). Como este trabalho tinha um procedimento laboratorial com muitas etapas, a OD também era muito minuciosa, o que fez com que a professora se alongasse no tempo e tivesse de adaptar o procedimento para que ele fosse executado totalmente. Assim, teve que dividir o procedimento laboratorial em 2 partes, e distribuí-las aos estudantes, de modo a que cada grupo executasse apenas uma delas, tendo que partilhar os seus resultados com os colegas. Apesar desta alteração, a professora não teve condições de efectuar a OD sobre as competências C2 e C3.	27ª aula (P) 15-Dez ***Epis. 9***
• Seguiu-se a segunda etapa da ficha de trabalho nº5, com a observação de uma segunda experiência de solubilização, executada voluntariamente por um estudante e orientada pela professora. Com esta, pretendeu observar-se a diferença de comportamentos de solubilidade da mesma massa do mesmo composto iónico, $PbCl_2$, em volumes iguais de água e de uma solução aquosa de NaCl. Os estudantes puderam constatar que o cloreto de chumbo se dissolveu completamente na água, mas não foi visível qualquer dissolução na solução que continha um ião comum ao composto em causa, o ião cloreto. Houve, então, as tarefas de observar, registar, descrever e explicar o fenómeno (tarefas 7, 8 e 9). A explicação quantitativa dos fenómenos observados foi assegurada quase totalmente pela professora, opção esta que se relacionou com o aproximar do fim do semestre e com o facto de ainda haver muitos conceitos fundamentais a abordar. Distribuiu-se a ficha teórico-prática nº8 sobre equilíbrios de solubilidade e foram resolvidos alguns exercícios de aplicação dos conceitos dados.	28ª e 29ª aulas (T) 20-Dez
• A professora deu a última aula do semestre com a apresentação teórica de conceitos da unidade curricular 3: *auto-ionização da água, produto iónico da água*, *pH* e *pOH*, *solubilidade* e *pH*, entre outros, e resolveu alguns exercícios de aplicação sobre este assunto.	30ª aula (P) 22-Dez

4.3.3. Análise do ensino

Vamos agora apresentar a descrição e a análise do ensino para cada dimensão e categoria de análise.

Recorde-se que para poder responder à questão de investigação Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*, seleccionámos o objecto, a dimensão e as categorias seguintes:

Objecto de análise 1 – *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes*.
Dimensão de análise – *O desenho curricular*.
Categorias de análise – *Características da tarefa;*
Ensino que a tarefa proporciona;
Aprendizagem que a tarefa proporciona;
Sequência de apresentação das tarefas.

Dimensão de análise ***O desenho curricular***.
Categorias ***Características da tarefa***, ***Ensino que a tarefa proporciona*** e ***Aprendizagem que a tarefa proporciona.***

Critério de selecção dos episódios: Os episódios de ensino que vão ser descritos e analisados nestas categorias foram seleccionados: em primeiro lugar, tendo em conta a existência ou não de dados sobre a aprendizagem dos estudantes, para que seja possível responder à questão de investigação Q1; em segundo lugar, tendo em conta os episódios necessários e suficientes que permitam relacionar as características das tarefas e o ensino e a aprendizagem que proporcionam com a qualidade das aprendizagens.

Padrão da análise: Vamos apresentar sequencialmente os episódios relevantes, fazendo a sua descrição, mais detalhadamente do que a apresentada na secção 4.3.2., e a sua análise, em termos das três categorias referidas acima.

Descrição do Episódio 1: Este episódio de ensino passou-se logo na 2ª aula, após a professora ter feito a apresentação da disciplina. Como a primeira unidade curricular era, precisamente, a *Introdução à disciplina*, a professora começou por promover a discussão sobre o significado do conceito *química* como área científica e acerca da relevância da disciplina para a compreensão de fenómenos do dia-a-dia e de problemas ambientais. Assim, a professora começou: *"Ora, aqui estamos nós na disciplina de Química. O que é que vocês acham que vão aprender nesta disciplina?". "Vamos aprender as fórmulas das substâncias"; "Vamos aprender as reacções que se dão entre certas substâncias"; "Vamos resolver «problemas»",* … responderam alguns estudantes. *"Afinal, o que é a química? A área científica, não a disciplina".* Alguns estudantes começaram a responder timidamente: *"A química é uma ciência"; "A química ajuda-nos a compreender como o nosso corpo funciona"; "A química permite-nos ter combustíveis para fazer trabalhar os nossos automóveis"*. A professora retorquiu: *"Ok, e a química também existe no nosso dia-a-dia?". "Sim"; "Claro"*, foram respondendo. *"Então, dêem-me exemplos onde a química esteja presente"*. *"Nos combustíveis"; "Nos medicamentos"; "Nos detergentes"*. A professora continuou: *"E no nosso corpo, ela está presente?"* e os estudantes foram dizendo: *"Sim, quando respiramos"; "Quando caminhamos"; " Quando digerimos alimentos"*. *"Muito bem"*, comentou a professora, *"e à nossa volta, no meio que nos rodeia?"*. Os estudantes começaram a enumerar vários problemas ambientais: *"Na poluição do ar"; "Na redução da camada de ozono"; "No efeito de estufa"; "Nas doenças, devido à poluição"*; … A professora salientou que em todas estas situações a matéria está a interagir entre si e que ocorrem transformações físico-químicas. A professora prosseguiu com a apresentação da química como a ciência que estuda o nosso mundo material. Entretanto, referiu a existência de relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Depois de questionados, os estudantes não pareciam compreender o seu significado. Então, a professora passou à apresentação, com cariz mais expositivo, dos conceitos *ciência* e *tecnologia*, embora os estudantes tivessem participado identificando a tecnologia com a capacidade de tornar os automóveis mais velozes, mais confortáveis, menos poluentes, por exemplo. A apresentação/discussão foi continuando, passando pela identificação de vantagens e desvantagens da tecnologia e da química e/ou da ciência. Nessas desvantagens surgiram muitos exemplos relacionados com a destruição ambiental e com os malefícios para a saúde humana: *"Esgotamento dos recursos naturais"; "Destruição da camada de ozono";*

"Doenças respiratórias"; "Uso excessivo de fertilizantes". Naturalmente, as relações entre o ambiente e os avanços científicos e tecnológicos começaram a ficar mais claras e começou a ficar implícita a responsabilidade da sociedade em geral e de alguns em particular (políticos, industriais, cientistas) nessas consequências. Nessa altura, a professora achou oportuno esclarecer o conceito de *ambiente*, usando a concepção criada na 1ª Conferência da Assembleia Geral da ONU sobre Ambiente, em 1972, Estocolmo: *é o conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos, directos ou indirectos, num curto ou longo prazo, sobre os seres vivos e as actividades humanas*. Esta concepção foi explorada e confrontada com outras do mesmo conceito e usadas noutras disciplinas. Foi abordado o conceito de *sociedade* e clarificados os significados dos conceitos *componentes físicos, químicos, biológicos e sociais*. Entretanto, a professora solicitou aos estudantes que tentassem explicitar inter-relações CTS-A a partir de uma acção humana que deu como exemplo: *"A exploração intensiva das florestas para obtenção de madeira"*. Sem grandes dificuldades, os estudantes conseguiram dar muitos exemplos destas inter-relações: *"Destruição das florestas"; "Erosão do solo"; "Alterações da fauna";* … Finalmente, a professora perguntou: *"Então, o que é que acham, agora, que podemos aprender com a química?"* e surgiram respostas como *"Podemos aprender a resolver o problema do buraco do ozono"; "Podemos aprender a inventar combustíveis menos poluentes"*; *"Podemos combater melhor os efeitos negativos dos químicos sobre o ambiente"*. *"E com a disciplina de Química?"* prosseguiu a professora. *"O mesmo"; "As mesmas coisas";* …

Análise do episódio 1: No episódio descrito, a professora começou por colocar aos estudantes a tarefa *"…O que é que vocês acham que vão aprender nesta disciplina [de Química]?"* Como os estudantes começaram por dar respostas mais relacionadas com o seu foro operatório, a professora colocou, então, uma tarefa cujas respostas se esperavam mais relacionadas com o seu cariz mais conceptual e de resolução de problemas: *"Afinal, o que é a química?* As características desta tarefa (aberta, não estruturada, nenhuma informação fornecida, à excepção da implícita na sua relação com o que se aprende na disciplina, sem referência a situações reais ou académicas, com obstáculos não tipificados nem explícitos, com dificuldades conceptuais ao nível da mobilização de diversos conceitos e da necessidade de os articular de forma nova, sem orientações de resolução e sem que os estudantes

possam aplicar algoritmos conhecidos) faziam supor grandes dificuldades de execução pelos estudantes, que estão habituados a que lhes sejam dadas as definições de conceitos e a repeti-las, muitas vezes sem que as compreendam ao ponto de aplicarem adequadamente os conceitos em contexto. De facto, as respostas dos estudantes vieram ao encontro destas expectativas e a professora sentiu a necessidade de ir colocando outras questões de modo a ajudar os estudantes a *seccionarem* a tarefa em aspectos centrais e a mobilizarem os seus conhecimentos prévios decorrentes das suas vivências diárias. Daí as questões como *"… a química também existe no nosso dia-a-dia?", "E no nosso corpo, ela está presente?",* e *"e à nossa volta, no meio que nos rodeia?"*, que ajudaram a professora a tornar a tarefa, colocada inicialmente, mais fechada e mais estruturada, tornando o seu ensino mais *orientativo*, mas mantendo o seu cariz mais centrado na actividade do estudante, permitindo à professora identificar as dificuldades dos estudantes na tarefa e mediar a sua execução. Verificou-se que os estudantes aderiram a este tipo de abordagem, pois, se inicialmente, estavam algo inibidos (afinal, era apenas a 2ª aula de química no ensino universitário), o facto dos estudantes repetentes à disciplina terem começado logo a participar, terá induzido os seus colegas a descontraírem-se. Por outro lado, terão começado a verificar que também eles sabiam responder e que não havia, propriamente, *a* resposta, mas *muitas* possibilidades de respostas. Então, a discussão começou a alargar-se a mais estudantes da turma e algumas barreiras de timidez e/ou insegurança começaram a quebrar-se. Portanto, a primeira consequência desta abordagem terá sido ao nível da atitude dos estudantes na sala de aula, ainda que de forma discreta, passando de uma postura passiva e receptiva para uma postura mais activa e participativa. Verificou-se, ainda, que os estudantes passaram de uma identificação da química, como a ciência que permite aprender certos conceitos e determinados cálculos e raciocínios (*"Vamos aprender as fórmulas das substâncias"; "Vamos aprender as reacções que se dão entre certas substâncias"; "Vamos resolver «problemas»"*), para a identificação da química como a ciência que nos pode ajudar a compreender e a resolver problemas de saúde ou ambientais (ou outros) (*"Podemos aprender a resolver o problema do buraco do ozono"; "Podemos aprender a inventar combustíveis menos poluentes"*). Portanto, passaram de uma visão da química como um conjunto de conceitos e suas relações, para a visão da química como tendo a capacidade de resolver problemas, embora também de os criar.

Note-se que, para esta alteração da visão da química, contribuiu a inclusão intercalar de uma segunda tarefa: a solicitação aos estudantes da explicitação de inter-relações CTS-A a partir de uma acção humana dada como exemplo: *"A exploração intensiva das florestas para obtenção de madeira"*. Esta tarefa decorreu após a discussão em grande grupo das vantagens e desvantagens da tecnologia e da química e/ou da ciência, e das relações entre o ambiente e os avanços científicos e tecnológicos e a responsabilidade da sociedade nessas consequências. O conceito de ambiente apresentado foi estruturante dos conceitos anteriores e das suas relações, por isso, quando a tarefa anterior foi colocada aos estudantes, estes encararam-na como uma tarefa mais fechada e mais estruturada do que se poderia supor. A tarefa, tal como foi apresentada, tinha a característica de se ancorar na discussão ocorrida previamente, com os tipos e a quantidade de informação relevantes para a sua execução, as várias situações e contextos referidos ou mobilizados, alguma modelização das situações, com obstáculos tipificados e implícitos, com a necessidade de mobilização de raciocínios estabelecidos, que funcionaram globalmente como uma orientação de resolução da tarefa. Posto isto, o ensino praticado foi mais *orientativo*, com algumas características de ensino expositivo, mas mantendo algum cariz centrado no estudante, permitindo assim a mediação da professora. Portanto, podemos considerar que as aprendizagens resultantes dos estudantes estão ancoradas em situações reais, mobilizam múltiplos conceitos de várias áreas científicas e estabelecem inter-relações de alguma complexidade e são produzidas em consequência das actividades dos estudantes.

Resultados da análise: Verificou-se que ao longo da aula os estudantes foram percorrendo vários aspectos da aprendizagem conceptual: mobilizaram os seus conhecimentos prévios sobre o conceito *química* (relacionado com uma visão disciplinar desta área científica); apropriaram conceitos novos, reconstruindo os seus significados; reestruturaram os campos conceptuais em jogo; e aplicaram-nos em contexto (compreendendo os conceitos *química, ciência, tecnologia, sociedade* e *ambiente*, entre outros, e estabelecendo inter-relações entre si, no contexto de uma situação real). Portanto, os conhecimentos prévios dos estudantes evoluíram para conhecimentos mais próximos dos aceites pela comunidade científica, o que se pode relacionar com a qualidade das aprendizagens feitas pelos estudantes.

Descrição do Episódio 2 (mais descrições deste episódio nas páginas 216 e 226): O episódio 2, na 3ª e 4ª aulas, desenrolou-se com a discussão em pequeno e grande grupo da ficha de trabalho nº2 (ver anexo I ou figura 4.3). Esta ficha tinha sete tarefas e foram apresentadas inúmeras situações ecológicas e/ou químicas num filme e num texto, por exemplo, o esgotamento de recursos naturais, como o petróleo, a contaminação dos solos devido a aterros sanitários, a poluição atmosférica devido à actividade industrial, os incêndios florestais, as chuvas ácidas, entre muitas outras. Na tarefa 1.a) foi solicitado aos estudantes que referissem cinco problemas ambientais que conhecessem. Esta tarefa pretendia que os estudantes mobilizassem os seus conhecimentos prévios pela análise das situações apresentadas. De facto, os estudantes não tiveram dificuldades em responder correctamente, embora tivessem tido a preocupação de dar exemplos que tivessem sido referidos no filme. Por isso, a professora teve de clarificar a tarefa e explicar o objectivo da apresentação do filme e do texto. Seguiram-se duas tarefas (1.b) e 2.a))[10], em que se pretendia que se relacionassem actividades humanas (a revolução industrial, aumento da esperança de vida, etc.) com problemas ambientais (exploração intensiva de recursos fósseis e minerais, por exemplo) (inter-relações CTS-A), usando, uma vez mais, as situações apresentadas como facilitadoras da mobilização de conceitos, da reestruturação dos conceitos mobilizados e das suas relações, da apropriação de novos conceitos, da sua aplicação em contexto e da reestruturação dos campos conceptuais em jogo. Os estudantes tiveram algumas dificuldades nestas tarefas. Em relação à tarefa 1.b), alguns questionaram: *"Professora, podemos ver outra vez o filme?"; "Professora, já pode dizer-nos qual é esse acontecimento? Eu acho que é o aumento demográfico, mas os meus colegas acham que é o aumento da industrialização"*. *"Será que as vossas opiniões são discordantes?"*, retorquiu a professora, e continuou *"Ou será que estão relacionadas?"* Com a mediação da professora, os estudantes acabaram por entender que se tratava de um fenómeno global e de grandes dimensões, que inter-relacionava uma série de outros fenómenos. A tarefa 2.a) suscitou dúvidas aos

[10] 1.b) Considere o filme que visionou. A partir do século XVIII, ocorreu uma transformação irreversível na sociedade, que mudou as condições de vida das populações e iniciou a exploração intensiva dos recursos fósseis e minerais. A que acontecimento se refere esta afirmação?

2.a) Atente agora no texto fornecido. Que problemas ambientais terá originado a caça massiva do elefante africano? E a sua total proibição? Qual a sua opinião quanto a permitir a sua captura para limitar o seu número e fomentar a utilização da sua carne, da sua pele e dos seus dentes?

estudantes que *"… nunca tinham ouvido falar naquela situação"*; aqueles entendiam que deveria haver *a* resposta e não perceberam que se solicitava uma *previsão* de efeitos nos ecossistemas. A professora teve de clarificar o objectivo da tarefa, e assim tornou possível aos estudantes executarem-na adequadamente. Com a tarefa 2.b), os estudantes deviam associar os nomes dos conceitos teóricos aprendidos (*exploração incontrolada*, *conservacionismo sem concessões* e *desenvolvimento sustentável*) aos seus significados, mobilizados na tarefa anterior, como forma de consolidar a reconceptualização e/ou a reestruturação dos conceitos mobilizados e apropriados e das suas relações. O mesmo se pretendeu com a tarefa 3. Não houve dificuldades com a execução destas tarefas, uma vez que os estudantes responderam correctamente e sem levantarem dúvidas. Na tarefa 4[11], pretendeu-se que os estudantes fossem mais além, sendo-lhes dada a autonomia de seleccionarem as situações a analisar e de identificarem e explorarem as relações existentes entre a sociedade, a ciência, a tecnologia e o ambiente em cada situação escolhida. Portanto, pretendia-se que os estudantes fizessem o delineamento do seu percurso de aprendizagem conceptual, sendo eles próprios a identificarem problemas em contextos reais e procurando dar-lhes respostas. Esta tarefa foi muito mobilizadora da participação dos estudantes, pois houve discussões acesas dentro dos grupos de trabalho, pelo interesse dos estudantes e pela intensidade e quantidade das intervenções. Nas discussões em pequeno grupo notou-se a participação de alguns elementos que tinham tido algum desconforto na participação na discussão do dia anterior, em grande grupo. Esta tarefa fez emergir discussões muito interessantes, já em grande grupo, pois, questões como *"Que problemas ambientais é que nos traz o uso de fornos microondas?"*, levavam a respostas como *"Nenhuns, ou quase, pois utilizam pequenas quantidades de energia e essa energia é eléctrica"* a que se seguiam comentários de surpresa, como *"E o que acontece aos fornos em final de vida? Se não forem reciclados constituem um problema ambiental!"* Finalmente, a tarefa 5 (*Qual o papel (ou papéis) que lhe parece que a química, como ciência, desempenha na problemática ambiental?*) foi facilmente respondida, uma vez que os estudantes identificaram as duas funções da química, como parte do problema e como parte da solução, com respostas do género *"A*

[11] 4. Muitos dos problemas ambientais têm origem antropogénica (i.e., na actividade humana), particularmente devido a usos que a sociedade faz da ciência e da tecnologia. Indique 3 casos concretos de avanços científicos e/ou tecnológicos que estejam na origem de problemas ambientais e descreva, sucintamente, estas relações em cada exemplo.

química é responsável por muitos problemas ambientais, tais como a poluição dos solos com materiais plásticos, que demoram muito tempo a degradar-se" ou *"A química pode conceber formas limpas de energia"*.

Análise do episódio 2: Com a tarefa 1.a), a da solicitação aos estudantes da indicação de cinco problemas ambientais que conhecessem, houve a manifestação de algumas dificuldades, tais como, a da intenção de referirem apenas exemplos mencionados no filme. Ora, este tipo de dificuldades relacionaram-se mais com a falta de familiaridade com o tipo de tarefa a executar, inserida num trabalho formalizado pela respectiva ficha de trabalho e em que se recorre a situações como ponto de partida para a mobilização de conceitos, do que com o tipo de tarefa em si. Efectivamente, esta tarefa era aberta, mas muito estruturada, pelo que se esperava uma pronta e correcta execução, o que veio a acontecer após o esclarecimento da professora quanto ao objectivo da apresentação do filme e do texto. Portanto, apesar de o ensino ter sido feito através da apresentação de um filme, em que são os estudantes que têm de seleccionar os conceitos e as relações relevantes para a execução da tarefa, estes eram já do conhecimento dos estudantes, quer pelas suas vivências como resultantes das últimas aulas. Assim, as aprendizagens dos estudantes constaram apenas numa validação dos conhecimentos prévios dos estudantes.

Na tarefa 1.b) os estudantes tinham de identificar um fenómeno social apresentado e explicado no filme (a revolução industrial), embora o seu nome não tenha sido citado. Apesar de esta tarefa ser fechada e algo estruturada, os estudantes revelaram algumas dificuldades. Questões como as que os estudantes colocaram *"Professora, podemos ver outra vez o filme?"*; *"… Eu acho que é o aumento demográfico, mas os meus colegas acham que é o aumento da industrialização"* revelam que eles compreenderam a dinâmica das inter-relações envolvidas, uma vez que souberam relacionar causas com efeitos. A sua dificuldade prendeu-se, pois, com a identificação do fenómeno, com a sua amplitude e complexidade, já que pretenderam encontrar *a* causa e não *um conjunto* de acontecimentos inter-relacionados que configuravam o fenómeno que se pretendia identificar. Portanto, a tarefa, tal como foi apresentada, apesar de fechada e estruturada, pelas dificuldades que desencadeou proporcionou discussão entre pares e a identificação pela professora do tipo e nível de dificuldades dos estudantes, podendo assim atender ao percurso conceptual de cada um o que, obviamente, se insere num tipo de ensino

centrado no estudante. Ultrapassadas as dificuldades, as aprendizagens fizeram-se sem dificuldades, pois resultaram de confronto de ideias, da mobilização de conhecimentos prévios (o conceito *Revolução Industrial*) e do estabelecimento de relações entre conceitos.

A tarefa 2.a) (ver nota 10, da página 207) suscitou dúvidas aos estudantes, que a encararam como uma tarefa fechada, tal como a tarefa 1.b). De facto, a tarefa 2.a) era aberta, embora com um nível de estruturação semelhante à 1.b), ou seja, foram fornecidas as informações relevantes, em tipo e quantidade para a resposta pretendida, as situações eram claras, com obstáculos tipificados e implícitos, com a necessidade de mobilização de raciocínios estabelecidos, mas a modelização da situação não foi indicada, nem a orientação de resolução. A clarificação do objectivo da tarefa pela professora, o de se pretender uma previsão de efeitos nos ecossistemas das várias acções humanas, colocou uma vez mais a responsabilidade das aprendizagens nos estudantes, que assim conseguiram estabelecer inter-relações entre conceitos aplicando-as a situações novas.

Com a execução da tarefa 4 (aberta, pouco estruturada, informação fornecida vaga, sem referência a situações reais, à excepção da implícita na referência a avanços científicos ou tecnológicos, com obstáculos tipificados e implícitos, com a necessidade de mobilização de raciocínios estabelecidos, sem modelizações das situações eventualmente implícitas, sem orientações de resolução e sem algoritmos conhecidos aplicáveis), constatou-se que, uma vez ultrapassada a dificuldade inicial de recorrerem às situações para facilitar a mobilização dos seus conhecimentos, os estudantes já conseguiram, inclusivamente, ser autónomos ao escolherem eles próprios situações reais, ao identificarem as inter-relações CTS-A existentes, de uma forma mais complexa e rica, e ao confrontarem entre pares os seus argumentos. Portanto, nesta tarefa, tal como na tarefa 5, podemos considerar que os estudantes conseguiram atingir conhecimentos de elevado nível de qualidade e desenvolveram competências de alto nível. O ensino posto em jogo foi todo o que se praticou ao longo das tarefas anteriores, ou seja, um ensino essencialmente apoiado em situações reais do conhecimento dos estudantes, mobilizador dos seus conhecimentos prévios, permitindo a apropriação de novos conceitos, muitos deles estruturantes, a reestruturação dos conceitos adquiridos e a sua aplicação em contexto, ou seja, um ensino que coloca o estudante no centro das suas aprendizagens.

Resultados da análise: As várias tarefas, colocadas ao longo do episódio 2, foram sendo cada vez mais abertas e menos estruturantes. Embora o ensino proporcionado tivesse, por vezes, um cariz orientativo, aquele esteve sempre centrado nos estudantes e estes conseguiram aprendizagens gradualmente mais autónomas, envolvendo o estabelecimento de relações novas entre conceitos ou aplicadas a situações novas.

Descrição do Episódio 8 (mais descrições deste episódio na página 237): Este episódio decorreu na 22ª aula, durante a observação directa (OD) para avaliar a competência C1, *Compreensão do problema a resolver*, do TL 3 (*Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio)* (anexo III). Foi colocada apenas uma tarefa e uma sugestão[12] para orientar os estudantes na resolução do problema proposto. Já se disse na descrição geral do ensino que, nesta OD, os estudantes tiveram algumas dificuldades, mas verificou-se que alguns sabiam que dados precisavam de recolher na parte laboratorial para responder ao problema proposto. Respostas como *"Pesamos um pouco de magnésio e fazemo-lo arder ao ar, para que o metal se transforme no óxido de magnésio; assim, se pesarmos o composto no final, este «peso» vai ser do magnésio e do oxigénio ligados; se lhe tirarmos o «peso» do magnésio, obtemos o «peso» só do oxigénio"* mostram que os estudantes nem sempre compreenderam que a sugestão dada vinha ao encontro de um problema adicional resultante da ocorrência de uma reacção química indesejada. Foi, por isso, necessário a professora explicitar, oralmente, essa sugestão, para que os estudantes compreendessem que se tinha de efectuar um procedimento experimental mais complexo. Com alguma reflexão por parte dos estudantes, na sua OD, após lerem várias vezes a sugestão dada, e com a

[12] Tarefa 1. Que procedimentos experimentais propõe para resolver o problema inicial? Faça referência ao material de laboratório e reagentes a utilizar e aos dados que precisa de recolher para fazer o cálculo necessário à determinação da fórmula empírica. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil.*

Sugestão: *Um óxido metálico pode obter-se da combustão do metal ao ar. No entanto, o aquecimento do magnésio ao ar dá origem, não só à formação do respectivo óxido, como também à de nitreto de magnésio, Mg_3N_2, que resulta da reacção daquele metal com o azoto. Adicionando água destilada aos produtos formados (ambos sólidos), a água reage com o nitreto de magnésio, dando origem ao hidróxido de magnésio (também sólido) e a amónia (solução aquosa de amoníaco), e reage com o óxido de magnésio produzindo também hidróxido de magnésio. O posterior aquecimento do hidróxido de magnésio desidrata-o, fazendo-o passar a óxido de magnésio, enquanto que o aquecimento da amónia provoca a libertação de amoníaco gasoso e vapor de água.*

mediação da professora que fez intervenções no sentido de destacar as etapas a referir, alguns conseguiram apresentar, de modo razoável, o procedimento a executar, com a indicação do material a usar e as técnicas adequadas.

Análise do episódio 8: A tarefa 1 do TL 3, apesar de recorrer a uma sugestão facilitadora do delineamento da resolução do problema, é de natureza mais complexa do que as que apresentámos nos episódios anteriores (1 e 2), uma vez que diz respeito a uma competência (*Compreensão do problema a resolver*) que incorpora outras de mais baixo nível, mas que têm de estar relacionadas e articuladas para o desenvolvimento da competência em questão. Esta tarefa, aberta e pouco estruturada, não explicitava na sua formulação (o tipo e a quantidade de) a informação total necessária para a sua execução, apesar de ela estar presente na introdução do TL 3, na sugestão anexa à tarefa e na sempre referida bibliografia de apoio aos TL; a situação química era apresentada adequada, mas não explicitamente, na introdução ao trabalho, e não estava referida na tarefa; a modelização da situação química era dada, na introdução ao trabalho, para uma classe de situações, mas não para a situação particular; os obstáculos não eram tipificados nem explícitos; as dificuldades conceptuais colocavam-se ao nível da mobilização de diversos conceitos e da necessidade de os articular de forma nova; a orientação da resolução da tarefa era dada apenas implicitamente na introdução e na sugestão da tarefa; os algoritmos necessários eram dados para uma classe de situações químicas. Portanto, são claras as dificuldades acrescidas desta tarefa em relação às que já foram abordadas. Não é, por isso, de estranhar que esta tarefa tivesse originado nos estudantes dificuldades, também estas de natureza mais complexa do que as que foram sendo apresentadas nas aulas de cariz mais expositivo, ou nos TP. O ensino da professora teve, pois, de ir ao encontro das necessidades dos estudantes. Uma das formas relacionou-se com a entrega atempada das tarefas aos estudantes e a disponibilização da professora para esclarecimentos aos estudantes em horário a combinar (para mais pormenores, ver análise dos episódios segundo a categoria *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*, mais à frente). A outra forma relacionou-se com a mediação feita durante a OD para avaliar a competência C1, o que permitiu uma monitorização das aprendizagens de cada estudante, a sua avaliação e o esclarecimento atempado dos conceitos envolvidos e das suas relações, sempre que necessário. Note-se que estas intervenções, mesmo que passassem por recordar ao estudante algum conceito já

abordado anteriormente, ou a reformulação da tarefa em linguagem mais simples ou ainda a divisão da tarefa em etapas, deixavam-lhe entregue a resolução da tarefa, isto é, a resolução do problema proposto, propósito que se pretendeu nunca ficar comprometido com as intervenções da professora. Quanto às aprendizagens dos estudantes, de uma forma qualitativa, já se notou que houve um razoável desenvolvimento da competência C1 do TL 3, uma vez que os estudantes conseguiram, globalmente, delinear uma forma de resolver o problema proposto, processando o conhecimento de forma nova e aplicando-o a uma situação nova. Do ponto de vista quantitativo, estas impressões saíram confirmadas, como se pode comprovar pela análise apresentada na secção 4.4. sobre os dados da aprendizagem nos TL: o nível atingido na competência avaliada C1 foi positivo, vindo numa sequência crescente do nível atingido (negativo) para o TL 1 (o TL 2 não foi avaliado).

Resultados da análise: A tarefa colocada no episódio 8 foi de cariz aberto e não estruturado. Embora o ensino proporcionado tivesse recorrido à mediação, aquele esteve sempre centrado nos estudantes e estes conseguiram, globalmente, delinear uma forma de resolver o problema proposto, processando o conhecimento de forma nova e aplicando-o a uma situação nova.

Dimensão de análise ***O desenho curricular***.
Categoria ***Sequência de apresentação das tarefas.***

Critério de selecção dos episódios: Os episódios de ensino que vão ser analisados nesta categoria foram seleccionados: em primeiro lugar, tendo em conta a existência ou não de dados sobre a aprendizagem dos estudantes, para que seja possível responder à questão de investigação Q1; em segundo lugar, tendo em conta os episódios necessários e suficientes que permitam relacionar a sequência de apresentação das tarefas com a qualidade das aprendizagens. Ora, estes critérios já foram satisfeitos com os episódios 1, 2 e 8, pelo que são estes que vamos reanalisar.

Padrão da análise: Vamos analisar sequencialmente os episódios relevantes, baseando-nos nas descrições feitas para estes nas categorias *Características das tarefas, Ensino que a tarefa proporciona* e *Aprendizagem que a tarefa proporciona*.

Análise dos episódios 1, 2 e 8: Façamos, agora, uma análise conjunta dos episódios 1, 2 e 8 no que se refere à sequência de apresentação das tarefas e aos níveis atingidos da qualidade das aprendizagens.

Inicialmente, no episódio 1, a professora começou por propor aos estudantes uma tarefa aberta, não estruturada, sem referência a situações reais ou académicas, com obstáculos não tipificados nem explícitos e sem orientações de resolução, tendo-se verificado grandes dificuldades de execução da tarefa pelos estudantes. Então, a professora sentiu a necessidade de tornar a tarefa mais fechada e mais estruturada, mediando de modo a identificar as dificuldades dos estudantes e a permitir âncoras em diversas situações e contextos ou conhecimentos referidos ou mobilizados, fornecendo informações relevantes para a execução da tarefa, ajudando os estudantes na modelização das situações e a ultrapassar os obstáculos e as dificuldades conceptuais, o que funcionou globalmente como uma orientação de resolução da tarefa. Posto isto, verificou-se que os conhecimentos prévios dos estudantes evoluíram para conhecimentos mais próximos dos aceites pela comunidade científica, com a apropriação de conceitos novos, a reconstrução dos seus significados e dos campos conceptuais em jogo e a sua aplicação em contexto.

No episódio 2, a professora começou por dar tarefas mais fechadas, mais estruturadas e apoiadas em situações reais e vivenciais e verificou-se que foram atingidas as aprendizagens pretendidas, embora de nível global de qualidade inferior ao das aprendizagens finais do episódio 1, ou seja, com a mobilização de conhecimentos prévios, o estabelecimento de relações entre conceitos e aplicando-as a situações novas. Entretanto, quando passou para tarefas mais abertas, pouco estruturadas, com informação fornecida vaga, sem referência a situações reais e suas modelizações, sem orientações de resolução (tarefas 4 e 5 da ficha de trabalho), constatou-se que os estudantes conseguiram aprendizagens mais autónomas, envolvendo o estabelecimento de relações novas entre conceitos ou aplicadas a situações novas.

No episódio 8, a tarefa foi colocada sob a forma de resolução de problemas, sendo aberta e pouco estruturada, não havendo explicitação da informação total necessária para a sua execução, nem referência explícita à situação química, a modelização da situação química não foi dada para a situação particular, os obstáculos não eram tipificados nem explícitos; as dificuldades conceptuais colocavam-se ao nível da mobilização de diversos conceitos e da necessidade de os articular de forma nova; a

orientação da resolução da tarefa era dada apenas implicitamente e os algoritmos necessários eram dados para uma classe de situações químicas. Portanto, as dificuldades desta tarefa em relação às abordadas anteriormente eram de natureza mais complexa, pois apelam a processos científicos no indivíduo de maior complexidade. A professora teve, pois, de mediar as aprendizagens dos estudantes, embora a resolução da tarefa, isto é, a resolução do problema proposto, tenha ficado sempre à responsabilidade dos estudantes. Quanto às aprendizagens dos estudantes, verificou-se que estas atingiram níveis de elevada qualidade conceptual, concomitantemente com um desenvolvimento razoável de competências, uma vez que os estudantes delinearam, globalmente, uma forma de resolver o problema proposto, processando o conhecimento de forma nova e aplicando-o a uma situação nova.

Resultados da análise: Parece-nos, pois, evidente que:

– As aprendizagens dos estudantes foram atingindo níveis crescentes de qualidade ao longo dos episódios analisados 1, 2 e 8, pois estas evoluíram da simples apropriação de conceitos novos, da reconstrução dos seus significados e dos campos conceptuais em jogo e da sua aplicação em contexto (episódio 1), passando para aprendizagens envolvendo o estabelecimento de relações novas entre conceitos ou aplicadas a situações novas (episódio 2) e para o delineamento de vias de resolução de problemas, processando o conhecimento de forma nova e aplicando-o a uma situação nova (episódio 8);

– Este incremento de qualidade das aprendizagens foi acompanhando uma linha de apresentação de tarefas com número crescente de conceitos envolvidos e de complexidade crescente da natureza dos conceitos e das suas relações, tornando-se gradualmente mais abertas e menos estruturadas, com diminuição da informação explícita referida, das situações referidas e das suas modelizações, com obstáculos menos tipificados e menos explícitos, com cada vez menos orientação da execução das tarefas;

– Para a promoção da qualidade das aprendizagens, deve ser seguida uma linha de apresentação de tarefas como a descrita no ponto anterior.

Para poder responder à questão de investigação Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover*

aprendizagens de qualidade?, seleccionámos o objecto, a dimensão e as categorias seguintes:

Objecto de análise 2 – *As interacções entre a professora e os estudantes nos TP, nos TL e nas aulas de cariz expositivo.*

Dimensão de análise – *A mediação da professora*.

Categorias de análise – *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora;*
Explicitação das ligações entre conceitos;
Orientação dada /autonomia concedida no trabalho dos estudantes.

Dimensão de análise ***A mediação da professora***.
Categoria ***Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora***

Critério de selecção dos episódios: Os episódios de ensino que vão ser descritos e analisados nesta categoria foram seleccionados: em primeiro lugar, tendo em conta a existência ou não de dados sobre a aprendizagem dos estudantes, para que seja possível responder à questão de investigação Q2; em segundo lugar, tendo em conta os episódios necessários e suficientes que permitam relacionar a forma e o momento como a professora abordou as dificuldades dos estudantes com a qualidade das suas aprendizagens.

Padrão da análise: Vamos apresentar sequencialmente os episódios relevantes, fazendo a sua descrição, mais detalhadamente do que a apresentada na secção 4.3.2., e a sua análise, em termos da categoria referida. Entretanto, é apresentada uma análise intercalar de todos os episódios desta categoria analisados até ao momento. No final, faz-se uma análise global de todos os episódios desta categoria e apresentam-se os resultados finais.

Descrição do Episódio 2 (mais descrições deste episódio nas páginas 207 e 226): Este episódio de ensino passou-se na 3ª aula. Na descrição geral do ensino (secção 4.3.2.) explicou-se o motivo que levou à antecipação do visionamento do filme, relativamente ao momento em que tal seria mais adequado. Por isso, a execução das tarefas da ficha de trabalho nº2, em pequenos grupos de estudantes, foi

feita na sala de aula, ao invés do que estava previsto. Esta circunstância permitiu que a professora desse conta das dificuldades com que os estudantes se confrontaram ao executarem as tarefas. Por exemplo, logo na tarefa 1.a) *Considere o filme que visionou. Refira pelo menos 5 problemas ambientais, à escala global, que conheça*, alguns estudantes solicitaram o revisionamento do filme para que pudessem dar exemplos de problemas ambientais que tivessem sido mencionados no filme. Também a tarefa 2.a) *Atente agora no texto fornecido. Que problemas ambientais terá originado a caça massiva do elefante africano? E a sua total proibição? (...)* suscitou dúvidas: *"Professora, o texto não fala nisto"*; *"Eu não sei o que aconteceu, nunca ouvi falar disto"*.

Análise do episódio 2: Da leitura cuidada do episódio 2, podemos identificar as dificuldades dos estudantes na execução das tarefas como a do *não entendimento da tarefa*. Perante a constatação destas dificuldades, *a professora fez a mediação necessária e no momento adequado*. Ora vejamos, mais em detalhe. A solicitação dos estudantes em reverem o filme quando estavam a tentar executar a tarefa 1.a) mostrou à professora que: (i) tal solicitação não poderia ter sido atendida se os estudantes tivessem ido para casa resolver as tarefas; (ii) os estudantes julgaram que as respostas a esta tarefa (e provavelmente a outras semelhantes) teriam de ser dadas de acordo com os termos e os exemplos usados no filme, em vez de usarem o filme como via contextualizadora. Ou seja, o importante seria terem visto o filme como um contexto para integrarem as tarefas (com as quais, e com a discussão entre pares, revisitariam os seus conhecimentos prévios e poderiam apropriar novos conceitos), em vez de o verem como uma exposição de conceitos a adquirir de uma forma estanque e definitiva. Assim, a professora teve a oportunidade de clarificar o objectivo da apresentação de um filme, de um texto ou de uma imagem, com as fichas de trabalho, algo que não teria sido possível se estas dificuldades surgissem aos estudantes longe da professora. Os comentários que os estudantes fizeram perante a tarefa 2.a), indicam-nos que eles não compreenderam que o interesse da tarefa não era o da obtenção *da* resposta verdadeira, mas de *uma* resposta plausível, fazendo considerações acerca dos efeitos da acção humana sobre ecossistemas em equilíbrio. Portanto, a execução das tarefas em pequeno grupo na sala de aula foi determinante para a constatação das dificuldades e a sua clarificação adequada e atempada, o que parecia apontar para a necessidade das tarefas serem executadas com a mediação da

professora. No entanto, fazê-lo na sala de aula poderia dificultar o percurso dos estudantes no sentido da sua autonomização e da responsabilização pelas suas aprendizagens. Portanto, a professora resolveu insistir nesta particularidade do desenho curricular, mas enfatizando aos estudantes a importância da execução das tarefas em casa e do recurso à professora no horário previsto para o atendimento.

Resultados da análise: A análise do episódio 2 permitiu-nos identificar as dificuldades dos estudantes na execução das tarefas com o não entendimento da tarefa. Perante a constatação destas dificuldades, a professora fez a mediação necessária e no momento adequado, manifestando-se pela explicitação e clarificação da tarefa a executar.

Descrição do Episódio 3: Este episódio de ensino passou-se na 5ª aula. Como já foi dito na descrição geral do ensino (secção 4.3.2.), no final da 2ª aula, a professora distribuiu aos estudantes a ficha de trabalho nº1 e o texto *Tecnologias e Sociedade* com a intenção de que as tarefas da ficha distribuída fossem executadas em casa pelos estudantes em grupos de dois e que as respostas fossem escritas numa folha à parte e entregues à professora na aula seguinte. Como, na aula seguinte, se teve de passar para o visionamento do filme (pelas razões apontadas na secção anterior), a discussão e conclusão da ficha de trabalho nº 1 teve de transitar para outra aula. No início dessa aula, quando solicitou aos estudantes a entrega das resoluções das tarefas, a professora constatou que a grande maioria dos estudantes não as tinha feito, nem mesmo tinha lido o texto, algo longo. Uma das razões apresentadas por eles era a de que não tinham compreendido as tarefas: *"Professora, eu li a ficha e o texto mas não percebi o que era para fazer"*; *"Eu tentei resolver a ficha, mas não escrevi nada"*; *"Era para fazer o quê?* (a professora respondeu que era para terem resolvido as tarefas por escrito numa folha à parte, em grupos de dois estudantes, e entregá-la à professora na aula seguinte)*... Ah, eu não tinha percebido que era isso"*… Outro problema que se tornou claro foi o da dificuldade dos estudantes se relacionarem fora das aulas: "*Não consegui encontrar ninguém…*"; "*O meu colega foi de fim-de-semana…*"; "*Professora, eu não vivo em Vila Real, só cá venho às aulas*";… As razões para esta dificuldade ter surgido foram, entre outras, o facto dos estudantes do primeiro ano ainda mal conhecerem os colegas e não terem rotinas comuns e os estudantes repetentes à disciplina nem sempre frequentarem as mesmas

disciplinas e portanto terem horários incompatíveis. Ora, aqui surgiu o primeiro contratempo no desenho curricular previsto. Estas circunstâncias obrigaram a professora a alterar o que estava inicialmente previsto e a abordar as tarefas na sala de aula, nesse mesmo dia, para que se pudesse prosseguir com o ensino.

Análise do episódio 3: Da leitura cuidada do episódio 3, podemos constatar que as dificuldades dos estudantes com que a professora deparou foram a de que *estes não trabalham antes da aula*. Perante esta evidência, a professora optou por *não fazer depender o ensino do esforço prévio dos estudantes*. Analisemos o episódio em detalhe. Este foi o primeiro momento em que a professora teve de questionar a forma como tinha previsto trabalhar as tarefas propostas aos estudantes: ou a professora continuava a insistir na estratégia planeada ou adoptava uma alternativa mais flexível. Ou seja, se a professora continuasse a depender dos esforços dos estudantes fora das aulas para leccionar as suas aulas de acordo com estratégias inovadoras, então, corria-se o risco destas ficarem condenadas ao fracasso. Por outro lado, os estudantes provavelmente teriam tido sinceras dificuldades na interpretação e execução das tarefas, pelo que seria fundamental que este momento de ensino e aprendizagem decorresse no seio da aula na presença da professora e restantes colegas. Esta reflexão fez a professora recordar-se de aspectos da aula anterior, no que respeita à discussão das tarefas em pequeno grupo, na sala de aula, em que a professora teve a oportunidade de mediar as aprendizagens dos estudantes e ajudá-los na execução das tarefas, perante a atempada identificação das suas dificuldades.

Resultados da análise: A análise do episódio 3 permitiu-nos identificar as dificuldades dos estudantes na execução das tarefas com o facto de estes não trabalharem antes da aula. Perante esta evidência, a professora optou por não fazer depender o ensino do esforço prévio dos estudantes Assim, a professora flexibilizou a forma que tinha pensado para a execução da tarefa e alterou o momento para essa execução (de um momento de trabalho prévio, feito em casa, para um momento de trabalho na sala de aula).

Descrição do Episódio 5 (mais descrições deste episódio na página 233): Este episódio de ensino decorreu na 9ª aula. Foi dito, na secção 4.3.2. da descrição geral do ensino, que a professora teve de deixar inacabada a exploração da ficha de

trabalho nº 3 por se aproximar o dia para a execução do TL 1. Por isso, teve de avançar para a leccionação de vários conceitos fundamentais à compreensão do TL 1. Contudo, a professora pressupôs que, desta vez, os estudantes dariam a importância requerida à execução prévia das tarefas da 1ª parte do TL, pois não tinha sido distribuído nenhum texto com o procedimento laboratorial. Mesmo assim, reforçou a sua intenção de ajudar os estudantes na execução das tarefas, num horário extra que disponibilizou especialmente para esse efeito. A esse horário compareceram apenas cinco estudantes. A aula laboratorial iniciou-se com a chegada dos estudantes e da professora ao laboratório de Química. Enquanto os estudantes aguardavam instruções sobre o que teriam de fazer, a professora perguntou se tinham executado as tarefas prévias à execução laboratorial, ao que responderam que não tinham tido tempo para o fazer. A professora explicou que eles deviam ser autónomos nas suas aprendizagens, trabalhando sem o professor, mas tomando a iniciativa de o procurarem quando sentissem essa necessidade. Então, a professora recordou que se iria proceder a um questionamento oral e individual, logo no início dessa aula e antes de se passar ao procedimento. Os estudantes ficaram surpreendidos, e algo desagradados, com a observação directa (OD) feita naqueles moldes, oral e individualmente, até porque a maioria não sabia o que ia fazer na aula laboratorial. *"O quê?! O que é que vamos fazer?"; "É uma oral, professora?"; "Ah, eu não percebi nada do que era para fazer!"; "Eu li o enunciado várias vezes mas não percebi o que se queria".* À interpelação acerca das razões para a professora não ter sido procurada atempadamente, alguns estudantes remeteram-se ao silêncio, outros referiram a falta de tempo, com breves alusões a situações de praxes académicas, ou devido a dificuldades horárias. Foi durante a OD para avaliar a competência C1, *Compreensão do problema a resolver*, que a professora comprovou a praticamente inexistente preparação do TL. Foquemo-nos em alguns exemplos da OD sobre o TL 1 (*Preparação de soluções aquosas conhecendo previamente as concentrações a obter*) (anexo III). A professora começou por perguntar a um estudante qual era o problema que se pretendia resolver. Este disse que não sabia responder. Note-se que o título do trabalho vinha antecipado da palavra *Problema*. Então, a professora disse qual era o título do trabalho e que ele estava relacionado com o que se pretendia fazer. Disse ainda que as tarefas[13] que lhes

[13] Tarefa 1. Pretende preparar-se 250,00 cm^3 de uma solução aquosa de NaOH, aproximadamente 0,05 mol dm^{-3}, a partir de hidróxido de sódio sólido. Faça uma descrição, tão completa

foram propostas pretendiam dar pistas para a resolução do problema a resolver. Posto isto, perante a mesma pergunta, o estudante respondeu que se queria saber como preparar as duas soluções em causa. Então, a professora continuou e pediu-lhe que lhe apresentasse *"uma descrição geral sobre como preparar uma solução aquosa de um soluto, por exemplo, do cloreto de sódio, que é um sólido – é o conhecido sal usado para cozinhar – mas, agora, sem se preocupar com o material que deve utilizar"*. O estudante disse que se tinha de *"pôr um bocado de cloreto de sódio num copo com água e agitar até o sólido desaparecer"*. A professora disse: *"Então, diga-me agora como há-de preparar essa solução de modo a ficar a conhecer a concentração exacta do sólido nessa solução. Vá-me indicando o material de laboratório que deve usar"*. Perante esta especificidade, o estudante respondeu que não sabia. Situações como esta sucederam-se várias ao longo da OD, tanto para o mesmo estudante, como para outros. O cenário repetiu-se e era óbvio que os estudantes não tinham compreendido as tarefas a executar, ou então nem sequer tinham feito essa tentativa, por razões várias.

Análise do episódio 5: Da leitura atenta do episódio 5, verificamos que *os estudantes não se envolvem nas tarefas*, pelo que a professora, apesar de continuar a insistir na execução prévia das tarefas pelos estudantes, decidiu reforçar a *clarificação do funcionamento dos TL, com especial ênfase na execução das tarefas da primeira parte e na OD*. Façamos detalhadamente a análise do episódio. A reflexão sobre o episódio 5 parece indicar-nos a existência de falta de comunicação prévia entre a professora e os estudantes, para esclarecimento das dificuldades na execução das tarefas. Por outro lado, sem o envolvimento dos estudantes na execução das tarefas, ainda que com deficiências, não seria possível continuar o ensino tal como tinha sido delineado para os TP, e muito especialmente para os TL. No entanto, a professora/investigadora continuava a entender ser fundamental insistir no envolvimento dos estudantes nas suas aprendizagens, pois só assim estariam garantidas algumas das condições essenciais a aprendizagens de qualidade. O facto de o TL 1 não contar para a nota final à disciplina, pode ter sido a razão principal para a

quanto possível, dos procedimentos a seguir para a sua preparação, explicitando os procedimentos técnicos e material adequado a utilizar. *Apresente todos os cálculos necessários. Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil.*

desresponsabilização dos estudantes quanto aos seus processos de aprendizagem. Posto isto, havia que aguardar a execução do TL 2, embora com as devidas salvaguardas.

Resultados da análise: A análise do episódio 5 permitiu-nos identificar as dificuldades dos estudantes na execução das tarefas com o seu não envolvimento nas tarefas, pelo que a professora decidiu reforçar a clarificação do funcionamento dos TL, com especial ênfase na execução das tarefas da primeira parte e na OD.

Análise intercalar dos episódios da categoria ***Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*****:** O conjunto dos episódios descritos e analisados (2, 3 e 5) permitiu que a professora/investigadora tomasse várias decisões:

1º – As tarefas dos TP teriam de passar a ser executadas totalmente na sala de aula.

2º – Relativamente aos TL, era necessário esclarecer a forma como estes deveriam decorrer. Ao contrário do que se pretendia, os estudantes esperavam vir para as aulas e seguir um guião para a execução laboratorial; a compreensão do TL, com a relação entre os conceitos teóricos e o procedimento laboratorial, ficaria para depois, quando fizessem o relatório em casa, podendo então trocar impressões com os colegas. Portanto, a professora teria de clarificar a forma como a OD funcionava, os seus objectivos (avaliação/mediação das aprendizagens) e a forma como a OD contribuía para a avaliação final à disciplina, reforçando a relevância da evolução do desenvolvimento das suas competências ao longo dos TL. Era ainda importante dar o respectivo *feedback* da OD do TL 1, na sala de aula.

Descrição do Episódio 7: Este episódio passou-se na 16ª aula. Após terem sido feitas as chamadas de atenção e esclarecimentos julgados necessários, relativamente ao funcionamento dos TL e à OD, em particular, chegou o dia da execução do TL 2 (*Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas*).

Desta vez, a avaliação feita aos estudantes sobre o TL contaria para a nota final à disciplina, e os estudantes sabiam disso. Por isso, a professora contou que aqueles se empenhassem mais na preparação prévia do TL. No entanto, no final da aula anterior, um grupo de estudantes comunicou à professora que não tinha

percebido nada das tarefas a realizar para o TL 2 (distribuídas uma semana antes): *"Eu li o enunciado três vezes e não percebi nada"*. A professora apercebeu-se que aqueles não tinham dúvidas concretas, por isso, sugeriu-lhes que lessem novamente a primeira parte do TL 2 e que colocassem as dúvidas no horário de atendimento ou noutro horário a combinar. Os estudantes não foram receptivos a esta ideia, pois nenhum propôs algum horário para tirar as suas dúvidas e argumentaram sempre que não tinham tempo. A professora notou alguma revolta dos estudantes devido às dificuldades que sentiam, à falta de tempo para as resolverem e à firmeza da professora em não abdicar da forma que estipulou para os TL funcionaram, o que transpareceu de alguns comentários irónicos. *"Claro, claro, é só ler…"*, disse, mais baixo, e para o lado, um deles. Mais tarde, no horário combinado para tirar dúvidas sobre o TL 2, compareceram apenas dois estudantes. Estes apresentaram sérias dificuldades na compreensão do problema a resolver com o TL 2 e, portanto, na resolução das tarefas da primeira parte do enunciado. A professora tentou perceber qual a origem das suas dificuldades e constatou que um deles nem sequer tinha ainda o enunciado do TL!! O outro estudante não frequentava química desde o 9º ano.

Perante o panorama grave em termos das lacunas nas aprendizagens dos estudantes, a professora decidiu dedicar o tempo necessário à compreensão do TL 2, abordando, no início da aula laboratorial, o problema a resolver, a técnica e o método a utilizar, os conceitos envolvidos e as relações com o problema a resolver. Os estudantes colocaram as suas dúvidas, entre outras: *"Professora, podia repetir para que serve a* solução branca*?"*, em vez de *branco*; *"O que é que se faz com as* amostras padrões*?",* em vez de *soluções padrão* e *amostras*, duas entidades diferentes. Feitos os respectivos esclarecimentos, foi concedido um período de 15 minutos para uma discussão sobre as tarefas, em pequeno grupo. O teor das dúvidas colocadas pelos estudantes fez a professora reflectir na concepção do TL 2, em particular, sobre a linguagem usada, os conceitos químicos envolvidos, a técnica e o método utilizados, e a sua articulação com o restante desenho curricular. Apesar de todas as dificuldades conceptuais, os estudantes foram receptivos à exposição teórica e técnico-laboratorial, participaram na discussão do TL com a professora e depois com os seus pares e mostraram entusiasmo e preocupação com o rigor necessário à execução laboratorial. O clima de alguma revolta pressentido pela professora na aula anterior pareceu ter-se atenuado. Perante o tempo gasto, a professora teve de abdicar da realização da OD sobre as competências C1, C2 e C3 e distribuiu as tarefas laboratoriais entre os vários

grupos de estudantes, para que fosse possível executar o TL no tempo que restava. A execução laboratorial decorreu sem dificuldades. Foi ainda alargado o prazo de entrega do respectivo relatório, tendo sido combinada uma ocasião para apoio ao tratamento de resultados. A professora propôs a realização do próximo TL numa aula extra, de forma a recuperar algum atraso devido à existência de vários feriados em dias de aula a decorrer em horário de laboratório. Como contrapartida, a professora poderia seleccionar os dois TL com melhores avaliações para a nota final, eliminando o terceiro TL, com pior avaliação (já que o TL 1 não contava para a nota final). Esta opção ficava ao critério de cada estudante. De um modo geral, os estudantes aderiram à ideia.

Análise do episódio 7: A reflexão sobre o episódio 7 permite-nos constatar que *os estudantes não identificam os conceitos envolvidos*. Posto isto, a professora entendeu ser importante *fazer uma mediação das aprendizagens dos conceitos e suas relações, em jogo, tão alargada e detalhada quanto o necessário, previamente à execução das tarefas pelos estudantes*; por outro lado*, o formato de execução e de avaliação das mesmas iria ser mantido*. Façamos, então, a análise do episódio. Foi dito que o clima de alguma revolta pressentido pela professora na aula anterior pareceu ter-se atenuado após ter sido feita uma explicação sobre os conceitos envolvidos e a técnica e método a usar. Parece-nos que, para tal, pode ter contribuído a gestão mais flexível do TL, nomeadamente, com a exclusão da OD do TL 2, e com a possibilidade de ser excluído da nota final o TL com a pior avaliação. O procedimento experimental correu sem dificuldades técnicas e os estudantes pareciam entender a evolução dos valores de absorvância lidos à medida que se foram substituindo as soluções contendo diferentes concentrações de fosfatos.

Resultados da análise: A análise do episódio 7 permitiu-nos identificar as dificuldades dos estudantes na execução das tarefas com a sua não identificação dos conceitos envolvidos, pelo que a professora entendeu ser importante fazer uma mediação das aprendizagens previamente à execução das tarefas pelos estudantes, com a explicitação dos conceitos em jogo e suas relações e com a negociação com os estudantes de aspectos relativos à OD e à avaliação dos TL.

Análise global dos episódios da categoria ***Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*****:** Os episódios de ensino agora analisados (2, 3, 5 e

7) contribuíram para que a professora/investigadora tomasse inequivocamente duas outras decisões relativamente à gestão curricular:

3º – As tarefas dos TL teriam de ter a mediação da professora, na sala de aula e previamente à sua execução, clarificando o problema a resolver em cada TL, explicitando os conceitos científicos relevantes à compreensão do problema em causa e as suas relações e apresentando considerações gerais sobre o material de laboratório, referindo a existência de técnicas específicas para o seu manuseamento. A professora iria reforçar, sempre que se aplicasse, o recurso ao dossier de apoio aos TL, precisando a localização desse apoio, nomeadamente, indicando o(s) capítulo(s) em causa;

4º – A execução das tarefas dos TL iria continuar a ser feita, posteriormente e por escrito, pelos estudantes antes do dia da execução laboratorial e a professora continuaria disponível para o esclarecimento prévio de qualquer dúvida.

Podemos constatar, ainda, que a professora deparou com vários tipos de dificuldades dos estudantes: *os estudantes não entendem as tarefas; os estudantes não trabalham antes da aula; os estudantes não se envolvem nas tarefas; os estudantes não identificam os conceitos envolvidos.* Perante estas dificuldades, a professora tomou decisões que se reflectiram ao nível da gestão curricular: *não deixou depender o ensino do esforço prévio dos estudantes; clarificou o funcionamento dos TL, com especial ênfase na execução das tarefas da primeira parte e na OD; fez a mediação necessária e no momento adequado; fez uma mediação das aprendizagens, tão alargada e detalhada quanto o necessário, previamente à execução das tarefas dos TL pelos estudantes*.

Resultados da análise global dos episódios da categoria ***Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*****:** Perante este conjunto de considerações, torna-se evidente que as dificuldades dos estudantes em relação à execução das tarefas têm de ser trabalhadas na sala de aula, uma vez que só desta forma é possível fazer os ajustes adequados e atempados à natureza das dificuldades, contribuindo, assim, para uma efectiva gestão curricular.

Dimensão de análise – ***A mediação da professora***.
Categoria ***Explicitação das ligações entre conceitos***

Critério de selecção dos episódios: Os episódios de ensino que vão ser descritos e analisados nesta categoria foram seleccionados: em primeiro lugar, tendo em conta a existência ou não de dados sobre a aprendizagem dos estudantes, para que seja possível responder à questão de investigação Q2; em segundo lugar, tendo em conta os episódios necessários e suficientes que permitam relacionar a explicitação das ligações entre conceitos com a qualidade das aprendizagens dos estudantes.

Padrão da análise: Vamos apresentar sequencialmente os episódios relevantes, fazendo a sua descrição, mais detalhadamente do que a apresentada na secção 4.3.2., e a sua análise, em termos da categoria referida. No final, apresentam-se os resultados da análise global desta categoria.

Descrição do Episódio 2 (mais descrições deste episódio nas páginas 207 e 216): Este episódio decorreu na 3ª aula. A ficha de trabalho nº2, que proporcionou uma discussão envolvendo vários conceitos, entre eles, os de *impacte ambiental, ecossistemas, recursos naturais, desenvolvimento sustentável, inter-relações CTS-A,* terminou com uma última tarefa: *Qual o papel (ou papéis) que lhe parece que a química, como ciência, desempenha na problemática ambiental?* Esta questão desencadeou respostas como *"A química é responsável por muitos problemas ambientais, tais como a poluição dos solos com materiais plásticos, que demoram muito tempo a degradar-se"* ou *"A química pode ajudar-nos a resolver problemas de poluição atmosférica, produzindo combustíveis menos poluentes"*, que se integravam em dois grupos de respostas: as que viam a química como parte do problema e as que viam a química como parte da solução.

Análise do episódio 2: Já foi dito que a mobilização dos saberes dos estudantes, tal como a formulação de problemas pelos estudantes, eram desencadeadas pela execução das tarefas propostas e ancoradas nas situações químicas apresentadas nas fichas de trabalho, nos TP, ou nos TL. Cada problema constituiu, pois, um ponto de partida para a procura de respostas e para o delineamento da resolução de problemas. Foi nesta perspectiva que se incluiu a tarefa acima mencionada. A inclusão de uma questão como a anterior foi uma decisão deliberada da professora com o intuito de estimular os estudantes no estabelecimento de *pontes* entre conceitos, entre campos conceptuais, ou entre os anteriores e

contextos reais, familiares dos estudantes, acção esta orientada sempre que necessário. No caso citado, foi feita uma *ligação entre conceitos através da tarefa*, permitindo esta que os estudantes relacionassem problemas ambientais, mas que são já do dia-a-dia e, portanto, relevantes para eles, com a química. Portanto, o estabelecimento desta relação possibilitou o envolvimento dos estudantes na aprendizagem dos conceitos científicos que se seguiram e da sua utilidade no seio da química como ciência e nos seus contextos de uso, em particular, em contextos ambientais, já que diversas vezes, ao longo das aulas, os estudantes procuravam compreender melhor os conceitos porque queriam compreender ou procurar soluções para vários problemas, ambientais ou não. Se o momento para fazer a *ponte* tivesse sido após a apresentação de todos os conceitos, a relevância de cada um nos contextos abordados não seria tão evidente, ao ponto de a apresentação teórica ter um cariz meramente expositivo e de não envolver as estudantes nessas aprendizagens.

Resultados da análise: No caso do episódio 2, foi feita uma ligação entre conceitos através da tarefa, que permitiu que os estudantes relacionassem problemas ambientais com a química. O estabelecimento desta relação possibilitou o envolvimento dos estudantes na aprendizagem dos conceitos científicos que se seguiram e da sua utilidade no seio da química como ciência e nos seus contextos de uso, em particular, em contextos ambientais.

Descrição do Episódio 4: O episódio que vamos descrever decorreu ao longo da 6ª aula. Nesta aula, a professora distribuiu excertos ou adaptações de várias notícias relacionadas com a contaminação de águas naturais e uma fotografia de peixes mortos: *"Gostaria que, agora, analisassem com atenção uma série de notícias que foram divulgadas nos últimos tempos"*. Após ter concedido cerca de 5 minutos para a sua leitura, questionou: *"O que há de comum nestas notícias?"*. Os estudantes reponderam de várias formas: *"Água contaminada"; "Água poluída"; "Água imprópria"; "A interdição de consumo de água e de banhos"*. *"Qual é, geralmente, a atitude da população face a estas circunstâncias?"*, perguntou de novo. *"Há protestos"; "A população indigna-se"*. *"E quanto aos avisos de «Banhos interditos» ou «Água imprópria para consumo», quais as atitudes da população?"*. Alguns estudantes responderam que a população respeitava os avisos, mas outros admitiram que algumas pessoas os ignoravam, pois *"... sempre tomei banho aqui"* ou *"... vê-se que a*

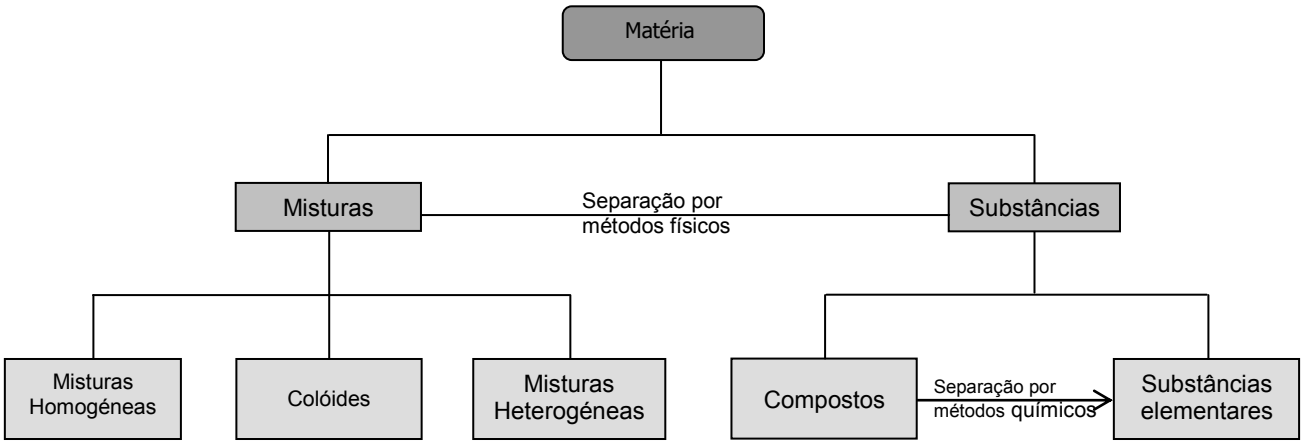
água está limpa". Quando a professora perguntou porque razão algumas pessoas ignoravam os avisos, responderam que *"… não acreditam nos pareceres técnicos"* ou *"… não compreendem a informação técnica"*. Gerou-se uma discussão entre os estudantes e com a professora e conjuntamente chegaram à conclusão que a verdadeira razão se prendia com a falta de informação, de natureza científica ou relacionada com a natureza da formação dos técnicos (química, biológica, …). Os estudantes foram, então, confrontados com as suas próprias atitudes e as razões que os levavam a respeitar os avisos, perante as mesmas circunstâncias. Essas razões relacionavam-se com o reconhecimento do valor dos especialistas, mas também com as características que julgavam ter a água poluída e a não poluída.

Análise do episódio 4: Com a ficha de trabalho nº3 pretendiam apurar-se os conhecimentos prévios dos estudantes relativamente à constituição da matéria, concretamente, da água, e averiguar se estes estavam conscientes das circunstâncias de uso dos conceitos *pura*, *potável*, *contaminada*, *poluída*, entre outros. A discussão que antecedeu a execução das tarefas da ficha procurou contextualizar as mesmas, facilitando, uma vez mais, o estabelecimento de *pontes* entre contextos reais e conceitos de química, nomeadamente, com os conceitos de *matéria, substância, mistura, átomo, molécula, fórmula química, fórmula molecular* e *fórmula empírica,* entre outros, cuja apresentação se fez a seguir. Esta abordagem pretendia preparar os estudantes para uma revisitação aos conceitos *pura*, *potável*, *contaminada*, após o ensino dos conceitos químicos relevantes. Portanto, neste caso, a *ligação entre conceitos foi feita através da discussão aprofundada de conceitos em contexto*. Se o estabelecimento da *ponte* entre os conceitos científicos e os respectivos contextos de uso tivesse sido feito, apenas, como mera indicação após a apresentação dos conceitos, os estudantes não teriam identificado os contextos como necessários e relevantes para a clarificação do significado dos conceitos.

Resultados da análise: No episódio 4, a ligação entre conceitos foi feita através da discussão aprofundada de conceitos em contexto, o que permitiu uma revisitação dos conceitos prévios e a clarificação do seu significado.

Descrição do Episódio 6: O episódio descrito decorreu ao longo da 11ª aula e prolongou-se pela 12ª. Quando se terminou o ensino dos conceitos sobre a

composição da matéria e as suas representações simbólicas, e ultrapassadas os aspectos relacionados com o TL 1 que entretanto se realizou, a professora julgou oportuno fazer um ponto da situação. A professora, mostrando uma figura, começou por relacionar entre si os conceitos principais que tinha abordado nas últimas aulas, nomeadamente, *tipos de matéria, misturas homogéneas* e *heterogéneas* (tendo sido particularizadas as *misturas homogéneas aquosas* - *soluções aquosas* - porque se estava a tratar de águas naturais):



Mostrou como essa abordagem era decorrente das situações químicas apresentadas com a ficha de trabalho nº3, escrevendo uma rede conceptual no quadro da sala (ver figura 4.12).

A professora revisitou a ficha de trabalho nº3, questionando os estudantes sobre o tipo de matéria que está presente numa água natural, *pura* ou poluída, e confrontou-os com o tipo de matéria que está presente na água *pura* do ponto de vista químico. Clarificou contextos e reconceptualizou em contexto, reestruturando campos conceptuais, etc. Portanto, os estudantes tiveram de mobilizar também os conceitos de átomo, molécula, ião, composto, …, e suas representações simbólicas (fórmulas químicas, fórmulas moleculares, …). A professora perguntou, entretanto: *"Com que conhecimentos químicos é que poderiam explicar porque é que umas substâncias se dissolvem bem na água e outras não?"* Mas os estudantes não souberam responder. Foi a professora quem lhes deu a resposta e lhes fez a ponte com o que se iria estudar a seguir, ou seja, com a *ligação química*, a *geometria* e as *interacções entre as substâncias*. Posto isto, a professora prosseguiu a apresentação de conceitos mais abstractos, tais como a ligação química, electronegatividade, energia de ionização, entre muitos outros.

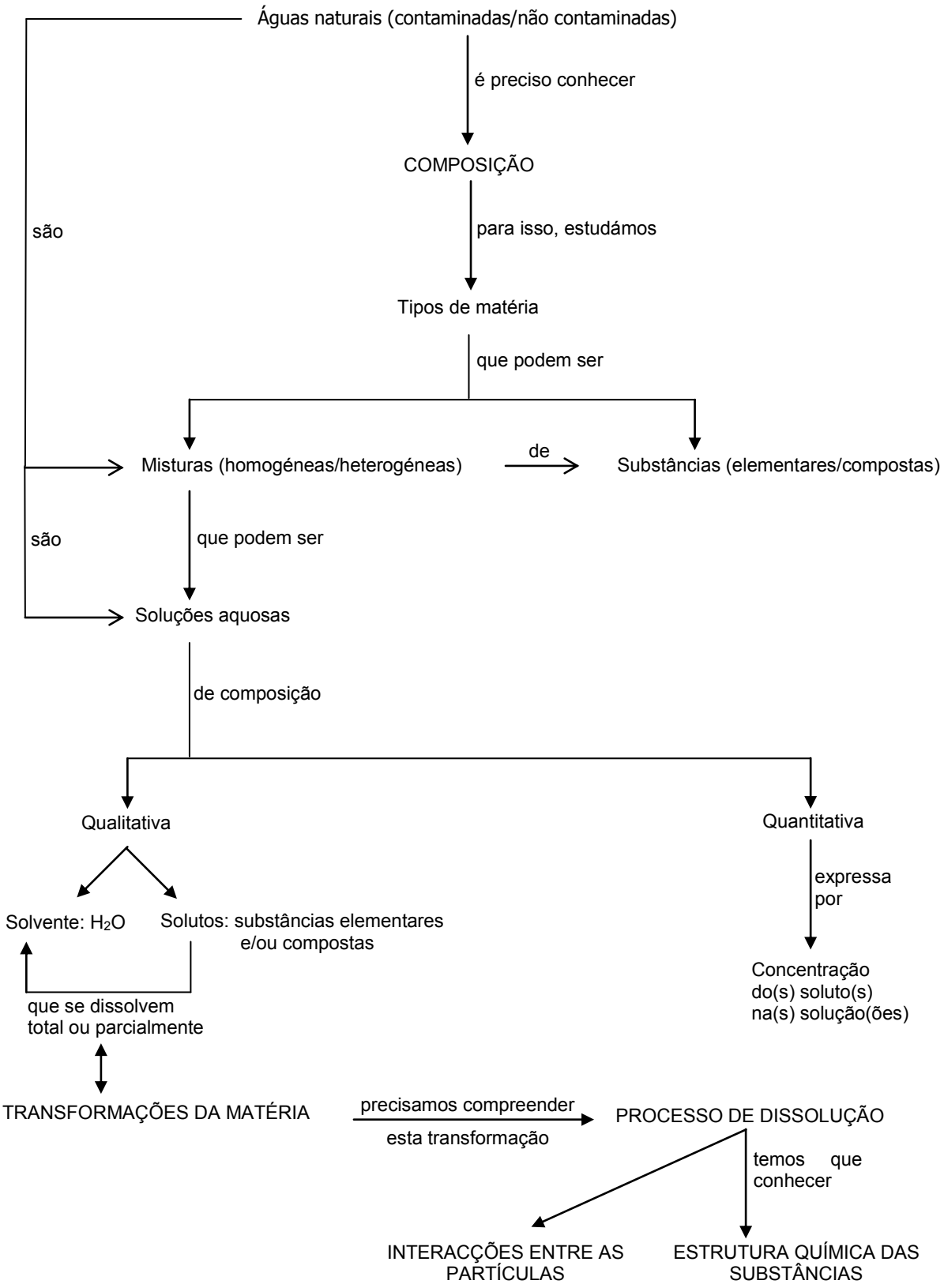


Figura 4.12 - Rede conceptual construída durante a aula pela professora.

Análise do episódio 6: Quando a professora lhes fez a pergunta: *"Com que conhecimentos químicos é que poderiam explicar porque é que umas substâncias se dissolvem bem na água e outras não?"*, os estudantes não souberam responder que tinham de conhecer a estrutura das substâncias para assim poderem compreender as interacções entre elas (ou as forças intermoleculares). Repare-se que os estudantes já sabiam responder que tipos de matéria se tem quando estão perante uma água natural e quais as partículas suas constituintes e sabem que o sal das cozinhas se dissolve bem na água mas o azeite não, mas não relacionaram estes fenómenos com a natureza da matéria, a sua composição e estrutura das substâncias e, portanto, com a pergunta colocada. Perante esta dificuldade, foi a professora quem lhes fez a *ponte* com o que se iria estudar a seguir, indicando-lhes os conceitos relacionados, e passou à apresentação teórica, ou seja, fez *ligações entre conceitos através da apresentação de novos conceitos*.

Mais tarde, noutra aula, após a apresentação dos conceitos *ligação química*, *geometria molecular*, entre muitos outros, a professora perguntou aos estudantes porque é que se estavam a estudar aqueles conceitos, mas eles não souberam responder. Só quando relacionou com o que disse numa aula anterior *"Para compreendermos os processos de dissolução das substâncias noutras temos que conhecer a estrutura das substâncias e que tipo de interacções se estabelecem entre elas"* é que vários estudantes disseram *"Ah!!"; "Ah, agora já percebi"*, tendo então ficado claro para a professora/investigadora o quanto importante era fazer este tipo de mediação (as ligações entre conceitos). Repare-se que tinha sido criada uma necessidade aos estudantes ao ser-lhes colocada a primeira questão referida. No entanto, quando ela lhes foi colocada num segundo momento, e após a apresentação dos conceitos em jogo, os estudantes continuaram, aparentemente, sem saber responder. Mas quando a professora fez a *ponte* entre os conceitos abordados antes e após a apresentação teórica, essa ligação fez sentido de imediato, o que nos leva a crer que a *resistência* ao sentido da ligação se deve ao elevado número de conceitos apresentados e à sua natureza bastante abstracta. A professora compreendeu, então, que estas *pontes* deveriam ser feitas, não em momentos escolhidos ao acaso, mas após ter sido criada uma necessidade nos estudantes. Provavelmente, se não se tivesse voltado à questão após a apresentação dos conceitos teóricos, os estudantes não teriam compreendido a relação entre um fenómeno (químico) e os conceitos entretanto apresentados.

Portanto, a análise deste episódio parece indicar que foi importante criar uma necessidade ou dificuldade aos estudantes para que a *ponte* que se estabeleceu com a apresentação teórica fizesse sentido e tivessem percebido a relevância dos novos conceitos.

Resultados da análise: Neste episódio, a professora fez ligações entre conceitos através da apresentação de novos conceitos. A criação de uma necessidade antes desta apresentação parece ter facilitado a compreensão da relevância dos novos conceitos.

Resultados da análise global dos episódios da categoria ***Explicitação das ligações entre conceitos*****:** A análise conjunta dos episódios 2, 4 e 6 torna claro que é necessário manter explícito o fio de ligação entre as aulas, fazendo ligações entre conceitos através das tarefas, através da discussão aprofundada de conceitos em contexto ou através da apresentação de novos conceitos.

Dimensão de análise – ***A mediação da professora***.
Categoria ***Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes***

Critério de selecção dos episódios: Os episódios de ensino que vão ser descritos e analisados nesta categoria foram seleccionados: em primeiro lugar, tendo em conta a existência ou não de dados sobre a aprendizagem dos estudantes, para que seja possível responder à questão de investigação relacionada; em segundo lugar, tendo em conta os episódios necessários e suficientes que permitam relacionar a mediação da professora no que se refere a este aspecto particular de dar orientação versus conceder autonomia no trabalho dos estudantes com a qualidade das suas aprendizagens.

Padrão da análise: Vamos apresentar sequencialmente os episódios relevantes, fazendo a sua descrição, mais detalhadamente do que a apresentada na secção 4.3.2., e a sua análise, em termos da categoria referida. No final, apresentam-se os resultados da análise global desta categoria.

Descrição do Episódio 5 (mais descrições deste episódio na página 219): Este episódio de ensino decorreu antes e durante a 9ª aula, dia da execução do TL 1 (*Preparação de soluções aquosas conhecendo previamente as concentrações a obter*) (anexo III). A professora/investigadora distribuiu aos estudantes, anteriormente à execução do TL, a primeira parte do seu enunciado. Esta consistia na apresentação do problema a resolver, sob a forma de introdução ao trabalho, e de tarefas (ver tarefa 1, na nota 13 da página 220) orientadoras para a resolução do problema inicial, para os estudantes resolverem antes do dia da execução laboratorial, recorrendo às informações disponibilizadas, à bibliografia sugerida e ainda ao horário de atendimento da professora. No início da aula da execução do TL 1, a professora perguntou se os estudantes tinham executado as tarefas prévias do TL. A grande maioria manifestou que não.

A professora prosseguiu então para a OD. A professora começou por perguntar a um estudante qual era o problema que se pretendia resolver. Este disse que não sabia responder. Note-se que o título do trabalho vinha antecipado da palavra *Problema*. Então, a professora disse qual era o título do trabalho e que ele estava relacionado com o que se pretendia fazer. Disse ainda que as tarefas que lhes foram propostas pretendiam dar pistas para a resolução do problema a resolver. Posto isto, perante a mesma pergunta, o estudante respondeu que se queria saber como preparar as duas soluções em causa. Então, a professora continuou e pediu-lhe que lhe apresentasse *"uma descrição geral sobre como preparar uma solução aquosa de um soluto, por exemplo, do cloreto de sódio, que é um sólido – é o conhecido sal usado para cozinhar – mas, agora, sem se preocupar com o material que deve utilizar"*. O estudante disse que se tinha de *"pôr um bocado de cloreto de sódio num copo com água e agitar até o sólido desaparecer"*. A professora disse: *"Então, diga-me agora como há-de preparar essa solução de modo a ficar a conhecer a concentração exacta do sólido nessa solução. Vá-me indicando o material de laboratório que deve usar"*. Perante esta especificidade, o estudante respondeu que não sabia. Ou seja, não soube como propor uma forma de resolver o problema, pelo que teve um nível baixo de qualidade da execução da tarefa. O mesmo padrão de respostas obteve-se com a

maioria dos estudantes. A tarefa seguinte[14] (2) referia-se a um procedimento a executar relacionado com um pequeno, mas importante detalhe, da preparação da solução anterior. A esta tarefa a grande maioria, senão todos, não soube responder. As duas tarefas posteriores (3 e 4), semelhantes às duas anteriores, mas agora para outra solução, tiveram o mesmo padrão de respostas.

Apenas 4-5 estudantes souberam indicar o procedimento a executar, o material de laboratório e algumas técnicas de manuseamento, estudantes esses que tinham estado no horário para dúvidas, ou eram repetentes à disciplina, ou teriam frequentado a disciplina de Técnicas Laboratoriais no ensino secundário. Os estudantes que compareceram no horário de atendimento disseram que não tinham percebido o que tinham de fazer, isto é, com as tarefas. A professora explicou, então, que tinham de fazer o cálculo da massa de NaOH que era preciso para preparar a solução pretendida e que tinham de apresentar a descrição do procedimento que era preciso executar para resolver o problema, tendo como apoio os apontamentos que tinham sido fornecidos no início do semestre. Os estudantes ficaram muito surpreendidos, pois não tinham percebido que era isso que se pretendia. Quando, na aula seguinte, a professora fez a OD a estes estudantes, a maioria soube identificar o problema a resolver e o procedimento a executar, o material de laboratório e algumas técnicas de manuseamento: "*O problema a resolver com este TL é preparar uma solução aquosa de NaOH de concentração 0,05 M e uma solução aquosa de H_2SO_4 de concentração 0,5 M*"; *"Para prepararmos a solução de NaOH pretendida temos de pesar o NaOH num gobelé, usando uma balança de laboratório. Primeiro pesamos o gobelé vazio, carregamos na tara e depois pesamos o NaOH que precisamos. Para isso, temos de…"*. A professora foi acenando com a cabeça, dando sinais de incentivo sempre que os

[14] Tarefa 2. Considerando a solução anterior, indique os procedimentos extra que deve adoptar, se alguns, para obter dados que lhe permitam calcular a molalidade, a percentagem mássica e a densidade da solução.

Tarefa 3. Pretende preparar-se 50,00 cm^3 de uma solução aquosa de H_2SO_4, aproximadamente 0,5 mol dm^{-3}, a partir da solução comercial de ácido sulfúrico (consulte o rótulo do frasco da solução comercial de ácido sulfúrico, que se encontra no laboratório de Química, para anotar todos os dados necessários). Faça uma descrição, tão completa quanto possível, dos procedimentos a seguir para a sua preparação, explicitando os procedimentos técnicos e material adequado a utilizar. Apresente todos os cálculos necessários. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil*.

Tarefa 4. Considerando a solução de ácido sulfúrico que se pretende preparar, indique os procedimentos extra que deve adoptar, se alguns, para obter dados que lhe permitam calcular a sua concentração em partes por milhão e em massa por volume (em g dm^{-3}), a sua densidade e as fracções molares de H_2SO_4 e de H_2O na solução.

estudantes hesitavam durante esta longa descrição. Quando algum começava a descrever como calcular a massa de NaOH no meio da descrição procedimental, a professora interrompia, dizendo que a seguir explicaria o cálculo, e que devia concluir primeiro o procedimento laboratorial. Estes estudantes atingiram, na avaliação da competência C1, um nível médio de qualidade.

Análise do Episódio 5: O trabalho proposto aos estudantes foi estruturado em termos das tarefas apresentadas no final da primeira parte do TL 1. Uma vez que se pretendia promover o desenvolvimento das competências C1 – *Compreensão do problema a resolver*, C2 – *Competências técnicas* e C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*, as tarefas concebidas tiveram as características adequadas à da resolução de problemas, embora com algum grau de orientação. Por exemplo, as tarefas 1 e 3 eram algo fechadas e algo estruturadas, não explicitavam, na sua formulação, (o tipo e a quantidade de) a informação total necessária para a sua execução, apesar de ela estar presente na introdução do TL 1 e na referida bibliografia de apoio aos TL; a situação química era apresentada adequadamente; a modelização da situação química não era dada, nem sequer na introdução ao trabalho, embora estivesse na bibliografia recomendada; os obstáculos eram tipificados, mas não explícitos; as dificuldades conceptuais colocavam-se ao nível da mobilização de diversos conceitos e da necessidade de os articular de forma eventualmente nova; era dada uma parca orientação da resolução da tarefa, apenas com a indicação de tópicos a responder; os algoritmos necessários eram dados para uma classe de situações químicas, apenas na introdução. Portanto, são claras as dificuldades de execução destas tarefas. Podemos dizer que o grau de autonomia concedido aos estudantes para a resolução destas tarefas foi elevado, não só pela natureza das tarefas, mas por terem de ser resolvidas fora das aulas, embora com momentos de contacto com a professora no horário de atendimento ou outro, ficando este contacto ao critério dos estudantes. No entanto, por razões analisadas noutra categoria (para mais pormenores, rever análise dos episódios segundo a categoria *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*), a OD do início da aula, que foi a via de avaliação do trabalho desenvolvido pelos estudantes, revelou níveis muito baixos de qualidade das suas aprendizagens e de desenvolvimento das competências em avaliação, como se pode comprovar pela análise apresentada na secção 4.4 sobre os

dados da aprendizagem no TL 1: os níveis atingidos nas competências C1 e C3 foram negativos.

É importante notar que a OD inicial teve características de cariz mais *orientativo* do que as tarefas colocadas na primeira parte do TL 1. É pois relevante analisar em pormenor alguns aspectos da OD e ver quais as opções de mediação da professora versus a qualidade das aprendizagens dos estudantes. Quando a professora perguntou a um estudante, na OD, qual era o problema que se pretendia resolver no TL 1, esta tarefa teve um cariz de tarefa aberta e não estruturada, pois a sua formulação não continha, sequer, as características de algum cariz *orientativo* das tarefas propostas no enunciado do TL. Como o estudante disse que não sabia responder, a professora optou por inserir algumas dessas características nas questões que foi colocando ao estudante. Por exemplo, quando a professora indicou que as tarefas que lhes foram propostas pretendiam dar pistas para a resolução do problema a resolver, delimitou o obstáculo a ultrapassar, o que permitiu que o estudante respondesse *que se queria saber como preparar as duas soluções em causa*. Portanto, a esta estratégia correspondeu uma aprendizagem do estudante: a da identificação do problema a resolver, algo que ele, com a autonomia concedida inicialmente, não tinha conseguido alcançar sozinho. Então, a professora prosseguiu no sentido de avaliar o nível do delineamento proposto para a resolução do problema. Ao pedir-lhe que apresentasse *"uma descrição geral sobre como preparar uma solução aquosa de um soluto, por exemplo, do cloreto de sódio, que é um sólido – é o conhecido sal usado para cozinhar – mas, agora, sem se preocupar com o material que deve utilizar"*, a professora forneceu informações que ajudaram o estudante a ancorar-se numa situação contextual, a diminuir as suas dificuldades conceptuais, apelando aos seus conhecimentos prévios, e forneceram alguma modelização da situação química. Com estes traços de orientação, o estudante respondeu que se tinha de *"pôr um bocado de cloreto de sódio num copo com água e agitar até o sólido desaparecer"*, o que indicou ele tinha noções relativas ao modelo teórico a usar e a parte do procedimento. A professora julgou que já seria possível colocar a tarefa inicial: *"Então, diga-me agora como há-de preparar essa solução de modo a ficar a conhecer a concentração exacta do sólido nessa solução. Vá-me indicando o material de laboratório que deve usar"*. Perante esta especificidade, o estudante respondeu que não sabia. Apesar de o estudante conhecer alguns aspectos gerais da resolução do problema proposto no TL 1, não tinha desenvolvido o seu trabalho como pretendido, o que contribuiu para o

nível negativo do desenvolvimento da competência C1 – *Compreensão do problema a resolver.* Portanto, parece-nos que, o facto de a professora ter dado alguma orientação na OD para avaliar a competência C1 – *Compreensão do problema a resolver,* não comprometeu a avaliação pretendida, que se relacionava com o desenvolvimento de uma competência complexa. Ou seja, a orientação dada durante a OD não *mascara* a avaliação do desenvolvimento de uma competência de elevado nível e pode mesmo contribuir para algumas aprendizagens, embora de mais baixo nível de qualidade.

No caso dos estudantes que procuraram a professora no seu horário de atendimento previamente à execução do TL 1, verificou-se que a orientação dada, que foi no sentido de clarificar qual era o problema a resolver e de ajudar a localizar, em geral, as informações necessárias no dossier fornecido, foi do mesmo tipo que na OD, e esses estudantes, ao terem oportunidade de continuar o seu trabalho autónomo, conseguiram atingir níveis de qualidade na OD superior aos dos restantes colegas e sem necessidade de uma orientação tão focalizada. Portanto, parece-nos que o tipo de trabalho a executar pelos estudantes na preparação do TL 1, ou seja, um trabalho com grau elevado de autonomia para executarem tarefas colocadas sob a forma de problema a resolver, promove a melhoria da qualidade das aprendizagens e o desenvolvimento de competências de alto nível.

Resultados da análise: No episódio 5, constatou-se que a orientação dada durante a OD não *mascara* a avaliação do desenvolvimento de uma competência em que é preciso delinear a resolução de um problema, e pode mesmo contribuir para algumas aprendizagens, embora ao nível da mobilização de conhecimento prévio ou de relações entre conceitos. Por outro lado, proporcionar aos estudantes um trabalho, sob a forma de problema a resolver, com grau elevado de autonomia, promove a melhoria da qualidade das aprendizagens e o desenvolvimento de competências de alto nível.

Descrição do Episódio 8 (mais descrições deste episódio na página 211): Este episódio decorreu na 22ª aula, durante a OD para avaliar a competência C1, *Compreensão do problema a resolver*, do TL 3 (*Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio)* (anexo III). Foi colocada apenas uma tarefa e uma sugestão (ver nota 12 da página 211) para orientar os estudantes na resolução do problema proposto. Já se disse na descrição geral do ensino que, nesta OD, os estudantes ainda tiveram algumas dificuldades, mas verificou-se que alguns já sabiam que dados

precisavam de recolher na parte laboratorial para responder ao problema proposto. Respostas como *"Pesamos um pouco de magnésio e fazemo-lo arder ao ar, para que o metal se transforme no óxido de magnésio; assim, se pesarmos o composto no final, este «peso» vai ser do magnésio e do oxigénio ligados; se lhe tirarmos o «peso» do magnésio, obtemos o «peso» só do oxigénio"* mostram que os estudantes nem sempre compreenderam que a sugestão dada vinha ao encontro de um problema adicional resultante da ocorrência de uma reacção química indesejada. Foi, por isso, necessário a professora explicitar, oralmente, essa sugestão, para que os estudantes compreendessem que se tinha de efectuar um procedimento experimental mais complexo. A mediação da professora foi no sentido de destacar as etapas a referir, por exemplo: *"Primeiro, descreva o procedimento experimental considerando que a combustão do magnésio se dá no seio de, apenas, oxigénio gasoso"; "Considere, agora, que o magnésio está a arder no seio de uma mistura gasosa de oxigénio e azoto. Como sabe, pela sugestão, o azoto também reage com o magnésio, o que nos traz algumas dificuldades procedimentais …"; "Ora, então, o que se deve fazer para ficarmos apenas com o óxido de magnésio, que é o que queremos obter para se poder determinar a sua fórmula empírica?"* Com alguma reflexão por parte dos estudantes, na sua OD, após lerem várias vezes a sugestão dada e com as intervenções da professora, alguns conseguiram apresentar, de modo razoável, o procedimento a executar, com a indicação do material a usar e as técnicas adequadas: *"… Como o magnésio reage também com o azoto, ficam dois compostos misturados no cadinho. Para ficarmos só com o óxido de magnésio, adicionamos ao cadinho água destilada, misturamos com a vareta de vidro e voltamos a aquecer …"*. A qualidade das respostas reflectiu-se nos níveis atingidos na OD para avaliar a competência C1: nível médio baixo, mas positivo (como se pode comprovar pela análise apresentada na secção 4.4 sobre os dados da aprendizagem no TL 3).

Análise do episódio 8: Tal como as tarefas propostas na primeira parte do TL 1, também a tarefa 1 do TL 3 foi concebida para promover o desenvolvimento das competências C1 – *Compreensão do problema a resolver*, C2 – *Competências técnicas* e C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*. Logo, a tarefa 1 tem as características adequadas à da resolução de problemas, embora com algum grau de orientação.

Esta tarefa, aberta e pouco estruturada, não explicitava na sua formulação (o tipo e a quantidade de) a informação total necessária para a sua execução, apesar de ela estar presente na introdução do TL 3, na sugestão anexa à tarefa e na sempre referida bibliografia de apoio aos TL; a situação química era apresentada adequada, mas não explicitamente, na introdução ao trabalho, e não estava referida na tarefa; a modelização da situação química era dada, na introdução ao trabalho, para uma classe de situações, mas não para a situação particular; os obstáculos não eram tipificados nem explícitos; as dificuldades conceptuais colocavam-se ao nível da mobilização de diversos conceitos e da necessidade de os articular de forma nova; a orientação da resolução da tarefa era dada apenas implicitamente na introdução e na sugestão da tarefa; os algoritmos necessários eram dados para uma classe de situações químicas. Portanto, as dificuldades desta tarefa são elevadas, mesmo relativamente às tarefas equivalentes do TL 1, pois o grau de orientação diminuiu. As intervenções da professora foram no sentido de destacar as etapas da execução da tarefa, no entanto, a resolução da tarefa, isto é, a resolução do problema proposto, não ficou comprometida com esta mediação. Constata-se que os estudantes conseguiram aprendizagens ao nível do delineamento de resolução de problemas, correspondendo, em termos quantitativos, a um nível baixo mas positivo (ver secção 4.4 sobre os dados da aprendizagem no TL 3).

Resultados da análise: No episódio 8, constata-se que os estudantes conseguiram desenvolver competências de resolução de problemas perante um trabalho proposto com elevado grau de autonomia.

Resultados da análise global dos episódios da categoria ***Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes*****:** A análise conjunta dos episódios 5 e 8 torna evidente que ocorreu um melhor desenvolvimento da competência C1 do TL 3 em relação à mesma competência do TL 1, passando de um nível negativo para um nível positivo. Isto aconteceu, apesar de o grau de autonomia concedido aos estudantes ter aumentado nas tarefas propostas para ajudarem a resolver o problema proposto, e de, concomitantemente, o grau de orientação durante a OD ser mais baixo do que para a OD do TL 1. Portanto, a autonomia concedida no trabalho proposto aos estudantes parece promover a qualidade das aprendizagens.

4.4. ANÁLISE DOS DADOS RELATIVOS À APRENDIZAGEM

Nesta secção, vamos apresentar os dados e os resultados obtidos com os instrumentos de recolha de dados relativos às aprendizagens dos estudantes do caso do tipo investigação-acção: observação directa (OD) com grelha de observação para a avaliação das competências relacionadas com os trabalhos laboratoriais (TL); teste de competências (TC) para a avaliação de competências sobre o campo conceptual Equilíbrios de Solubilidade. Para o caso do tipo avaliativo, apresentamos, igualmente, os resultados obtidos com o TC, igual ao usado no caso de investigação-acção.

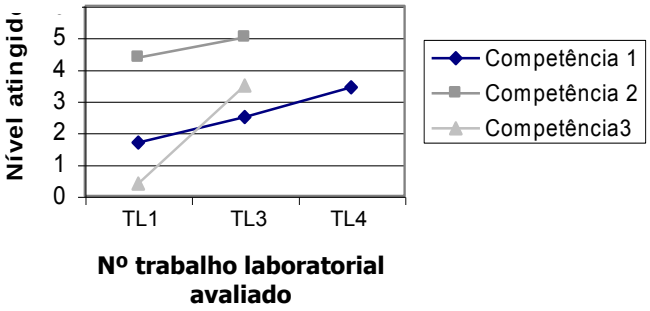
4.4.1. Observação directa (OD) com grelha de observação

A observação directa (OD) com grelha de observação é um instrumento que foi apresentado e descrito na secção 4.2.2.. Tal como já foi dito, este instrumento permite recolher dados por observação, com o auxílio de uma grelha previamente elaborada pelo investigador para os registos dessa observação. No caso presente, a professora/investigadora elaborou uma grelha de observação para avaliar o desenvolvimento, em cada estudante, de cada uma das três competências relacionadas com cada um dos quatro trabalhos laboratoriais (TL): C1 – *Compreensão do problema a resolver*; C2 – *Competências técnicas* e C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos* (ver anexo V). Os dados relativos às competências C1, C2 e C3 foram recolhidos nos dias dos TL, antes, durante ou depois da execução laboratorial. Cada resposta dos estudantes foi registada na grelha respectiva e foi-lhe atribuído um valor da escala 1, 2 e 3, que correspondem a níveis de qualidade: 1 – resposta com qualidade de nível negativo; 2 – resposta com qualidade de nível suficiente; 3 – resposta com qualidade de nível bom ou muito bom. Portanto, a técnica usada para a análise dos dados foi a análise de conteúdos.

Em primeiro lugar, a professora/investigadora atribuiu ponderações a cada item a avaliar em cada competência. Assim, o valor obtido para cada competência, para cada estudante, corresponde a uma média ponderada dos resultados das respostas aos itens correspondentes. Depois, para cada competência, foi calculada a média aritmética dos dados recolhidos para cada estudante. Note-se que, sempre que

houve dúvidas na avaliação de alguma resposta ou ausência de respostas por parte de algum estudante não avaliado, esse estudante foi retirado do caso, mas apenas para este efeito e só para a competência ou TL em causa. Finalmente, a professora/investigadora normalizou os resultados médios obtidos para cada competência, de modo a obter resultados entre 1 e 5.

Com os resultados obtidos como se acabou de descrever, foi possível construir o gráfico da evolução do nível atingido nas várias competências avaliadas nos trabalhos laboratoriais ao longo da sua implementação, sendo o nível 5 o valor máximo (figura 4.13). A análise do gráfico permite verificar facilmente que houve uma evolução crescente em qualquer das competências avaliadas e que o nível atingido na última avaliação feita para cada uma tem um valor positivo (≥2,5).



Competência 1: *Compreensão do problema a resolver.*
Competência 2: *Competências técnicas*.
Competência 3: *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos.*

Figura 4.13 – Gráfico da evolução do nível atingido nas competências avaliadas nos trabalhos laboratoriais (o nível 5 é o valor máximo possível)[15].

Estes resultados permitem-nos dizer que houve desenvolvimento das competências em avaliação com a OD no caso de investigação-acção.

[15]As competências C1, C2 e C3 do TL2 e as competências C2 e C3 do TL 4 não foram avaliadas, pelas razões apresentadas e discutidas na secção 4.3. da análise do ensino.

4.4.2. Teste de competências (TC)

O teste de competências (TC) é um instrumento que foi apresentado e descrito na secção 4.2.2. (anexo V). Tal como já foi dito, este instrumento foi concebido para avaliar o desenvolvimento de competências seleccionadas do campo conceptual Equilíbrios de Solubilidade e para administrar em dois momentos distintos: antes (*pré-teste*) e depois (*pós-teste*) do ensino do campo conceptual referido. Para o caso do tipo investigação-acção, o TC foi administrado aos estudantes após já ter sido iniciado o ensino do campo conceptual em causa, pelo que as duas primeiras questões do TC administrado pela primeira vez funcionaram como um *pós-teste*, e essas questões do TC administrado pela 2ª vez, tiveram o estatuto de um *"pós"-pós-teste*. Para o caso do tipo avaliativo, o TC foi administrado quando estava previsto.

Foi feita a análise de conteúdos do TC administrado, tanto no caso do tipo investigação-acção como no caso do tipo avaliativo. Passamos a explicar. Para cada questão do teste, foram previstas várias categorias ou níveis de respostas (ver tabela 4.7), correspondentes, cada uma, a níveis diferentes de qualidade de conhecimento envolvido. Por exemplo, para a questão-tipo Q1, a categoria 1 corresponde a uma explicação a nível macroscópico do fenómeno descrito, ou seja, com referência a aspectos empíricos, como a ausência de cheiro, ou de cor nas águas, etc; a categoria 3 corresponde a uma explicação a nível submicroscópico do fenómeno descrito, ou seja, com referência à quebra e formação de ligações e/ou forças intermoleculares nos reagentes e/ou nos produtos de reacção, etc. Dentro das categorias 2 e 3 podiam ser atingidos níveis diferentes de resposta (de acordo com a profundidade da mesma, ou a existência de contradições, …), daí o nível máximo possível ser igual a 6 (para as restantes questões, ver a explicação na tabela 4.7). Após as respostas dadas pelos estudantes terem sido categorizadas e/ou terem um nível de qualidade atribuído, foi calculada a média aritmética dos níveis obtidos para cada questão, em cada caso (investigação-acção ou avaliativo) (a avaliação das respostas ao teste de competências foi arbitrada por dois investigadores). Os resultados assim obtidos apresentam-se na tabela 4.8.

Tabela 4.7 – Competências avaliadas, questões-tipo e categorias ou níveis das respostas ao teste de competências.

Competências (Questão correspondente do TC*)	Questão-tipo	Categorias ou níveis de resposta
C1 – Utilizar modelos de situações químicas. **C2 –** Utilizar as relações entre conceitos numa situação química. (1.b))	**Q1.** Explicar, do ponto de vista químico, o fenómeno descrito, dada uma situação química, utilizando a maior profundidade possível na explicação.	**1a Categoria**: visão macroscópica. **2ª Categoria**: visão sub-microscópica, explicada superficialmente. **3ª Categoria:** visão sub-microscópica explicada com maior profundidade (nível máximo: 6).
C3 – Utilizar conceitos em situação. (2)	**Q2.** Associar afirmações a casos de uma situação química dada, mobilizando conceitos.	Níveis de resposta de acordo com o nº de associações estabelecidas, mas possíveis. (nível máximo: 2)
C2 – Utilizar as relações entre conceitos numa situação química. (3.a) e 3.b))	**Q3.** Determinar as condições em que dois determinados fenómenos ocorrem, numa situação química particular.	**1a Categoria** (por ex., para 3.a), cálculo correcto da solubilidade, mas sem crítica ao resultado). **2ª Categoria** (por ex., para 3.a), "Enquanto a solução não estiver saturada, há dissolução"). **3ª Categoria** (por ex., para 3.a), cálculo da solubilidade ou da massa de soluto que satura a solução e o estabelecimento da condição para que ocorra dissolução completa. (nível máximo: 3)
C4 – Estruturar relações entre conceitos. (4)	**Q4.** Elaborar um mapa de conceitos.	Níveis de resposta de acordo com o tipo de estrutura do mapa (em cadeia, associativa ou em rede), o nº de palavras-chave correctas e o nº de ligações entre conceitos, com sentido. (sem máximo predefinido)

* Ver anexo V para mais pormenores.

Tabela 4.8 – Resultados do teste de competências para os casos investigação-acção e avaliativo.

Competências (Questão-tipo)	Caso	*Pré-teste*	*Pós-teste*	Nível máximo das respostas
C1, C2 (Q1)	Investigação-acção	2,0*	1,6**	6
	Avaliativo	1,8	1,5	
C3 (Q2)	Investigação-acção	0,8*	0,6**	2
	Avaliativo	0,7	0,7	
C2 (Q3)	Investigação-acção	0,3	0,3	3
	Avaliativo	0,7	0,8	
C4 (Q4)	Investigação-acção	7,8	11,5	Sem máximo predefinido
	Avaliativo	12,4	13,6	

*Nestes casos, o teste de competências funcionou como um *pós-teste.*
**Nestes casos, o teste de competências funcionou como um *"pós"-pós-teste*.

Em termos gerais, não há variações importantes nos resultados das competências entre o *pré-teste* e o *pós-teste*, tanto no caso investigação-acção como no caso avaliativo, excepto para a competência C4 no caso investigação-acção. Nesta competência, verifica-se uma melhoria importante. Os resultados obtidos apresentam valores globalmente muito baixos quando comparados com o nível máximo para cada questão.

Os resultados obtidos com o TC mostram que os tipos de ensino praticados no caso investigação-acção e no caso avaliativo não desenvolveram, de um modo geral, as competências avaliadas para o campo conceptual Equilíbrios de Solubilidade. No que respeita à experiência de inovação e gestão do currículo, esta não se mostrou eficaz no desenvolvimento das competências avaliadas com este teste de competências.

Estes resultados têm múltiplas explicações. As competências profissionais da professora envolvida no estudo investigação-acção eram ainda escassas, dado ter sido o 1º ano em que assegurou a leccionação da totalidade das aulas de uma disciplina. Este facto poderá ter desviado os seus esforços do sentido da mediação adequada das

aprendizagens e da gestão curricular. Por outro lado, os modelos de ensino dos seus próprios professores e de colegas mais experientes são de cariz transmissivo, o que, não pretendendo servir de referência, certamente contribuiu para alguma incorporação desses modelos na sua prática de ensino. Mais, a professora poderá não ter apropriado convenientemente esta forma inovadora de conceber, desenvolver e avaliar um currículo. Tudo isto poderá constituir uma explicação para o facto dos resultados não se distanciarem dos obtidos para caso avaliativo, cujo ensino tem algumas características de ensino transmissivo.

4.5. RESULTADOS PRELIMINARES

Nesta secção vamos fazer a discussão dos resultados obtidos e apresentados na análise do ensino (secção 4.3.) e na análise dos dados relativos à aprendizagem (secção 4.4.). A finalidade desta discussão é responder às questões de investigação Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?* e Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*, fazendo a ligação dos resultados do ensino aos resultados da aprendizagem. A Q1 é respondida com parte dos resultados apresentados na secção 4.3.3. e a Q2 é respondida com os restantes resultados apresentados naquela secção e os resultados apresentados na secção 4.4.. Apresentemos, então, essa discussão.

Com os dados da primeira fase ainda não é possível responder a Q3, pois seriam necessários dados sobre uma fase mais adiantada do desenvolvimento profissional da professora/investigadora, o que aconteceu com os dados recolhidos na segunda fase da intervenção.

4.5.1. Resposta à questão de investigação Q1

O objecto, a dimensão e as categorias de ensino seguintes foram seleccionados para responder à questão de investigação Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?* (ver secção 4.3.3.):

Objecto de análise 1 – *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes*.

Dimensão de análise – *O desenho curricular*.

Categorias de análise – *Características da tarefa;*
Ensino que a tarefa proporciona;
Aprendizagem que a tarefa proporciona;
Sequência de apresentação das tarefas.

Recordemos os resultados obtidos com a análise feita aos episódios de ensino seleccionados para o efeito:

– As aprendizagens dos estudantes foram atingindo níveis crescentes de qualidade ao longo do ensino, pois estas evoluíram da simples apropriação de conceitos novos, da reconstrução dos seus significados e dos campos conceptuais em jogo e da sua aplicação em contexto, passando para aprendizagens envolvendo o estabelecimento de relações novas entre conceitos ou aplicadas a situações novas e para o delineamento de vias de resolução de problemas, processando o conhecimento de forma nova e aplicando-o a uma situação nova;

– Este incremento de qualidade das aprendizagens foi acompanhando uma linha de apresentação de tarefas com número crescente de conceitos envolvidos e de complexidade crescente da natureza dos conceitos e das suas relações, tornando-se gradualmente mais abertas e menos estruturadas, com diminuição da informação explícita referida, das situações referidas e das suas modelizações, com obstáculos menos tipificados e menos explícitos, com cada vez menos orientação da execução das tarefas;

– Para a promoção da qualidade das aprendizagens, deve ser seguida uma linha de apresentação de tarefas como a descrita no ponto anterior.

Posto isto, parece-nos evidente que as tarefas são um aspecto fundamental do desenho curricular que promove aprendizagens de qualidade, desde que aquelas satisfaçam os seguintes requisitos gerais:

► Sendo tarefas de cariz fechado e muito estruturadas, devem ser apresentadas de modo a serem executadas no contexto de situações reais colocadas aos estudantes; desta forma, os conhecimentos prévios são mais facilmente mobilizados e as relações entre conceitos, mesmo que, eventualmente, também do mundo do estudante, são estabelecidas em contexto, o que pode criar necessidades aos estudantes no sentido da reconceptualização e/ou da reestruturação do campo conceptual.

► Sendo tarefas moderadamente abertas e moderadamente estruturadas, devem ser executadas a partir da análise de situações reais colocadas aos estudantes; assim, proporcionam-se aos estudantes oportunidades para que estabeleçam relações novas entre conceitos ou aplicadas a situações novas.

► Sendo tarefas abertas e pouco estruturadas, devem ser apresentadas sob a forma de problema a resolver; a sua execução, mesmo que carecendo de mediação do professor, favorece a autonomia dos processos de aprendizagem dos estudantes, o processamento de conhecimento de forma nova e a sua aplicação a situações novas.

► A apresentação das tarefas aos estudantes deve seguir uma sequência que vá mobilizando um número crescente de conceitos envolvidos e de complexidade crescente da sua natureza e das suas relações, tornando-se gradualmente mais abertas e menos estruturadas, deixando aos estudantes a responsabilidade pelas suas aprendizagens.

4.5.2. Resposta à questão de investigação Q2

O objecto, a dimensão e as categorias seguintes foram seleccionados para responder à questão de investigação Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?* (ver secção 4.3.3.):

Objecto de análise 2 – *As interacções entre a professora e os estudantes nos TP, nos TL e nas aulas de cariz expositivo.*

Dimensão de análise – *A mediação da professora*.

Categorias de análise – *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora;*
Explicitação das ligações entre conceitos;
Orientação dada /autonomia concedida no trabalho dos estudantes.

Recordemos os resultados obtidos com a análise feita aos episódios de ensino seleccionados para o efeito ao nível da implementação e da gestão curricular.

Relativamente à *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*:

– O ensino não pode depender exclusivamente do esforço prévio dos estudantes;

– É fundamental clarificar previamente o funcionamento e/ou a avaliação dos TL e dos TP;

– É fundamental fazer a mediação das aprendizagens, tão alargada e detalhada quanto o necessário, previamente (na sala de aula) e durante a execução dos TL pelos estudantes; no entanto, a mediação não deverá comprometer a execução das tarefas pelos estudantes, que a deverão fazer na perspectiva da resolução de problemas;

– É importante dar o *feedback* da OD dos TL na sala de aula;

– É fundamental fazer a mediação das aprendizagens sempre que necessário durante a execução das tarefas dos TP pelos estudantes; assim, os TP devem decorrer sempre na sala de aula.

Relativamente à *Explicitação das ligações entre conceitos*:

– É necessário manter explícito o fio de ligação entre as aulas, fazendo ligações entre conceitos através das tarefas, através da discussão aprofundada de conceitos em contexto ou através da apresentação de novos conceitos, para que haja envolvimento dos estudantes na aprendizagem de conceitos científicos e na clarificação dos seus significados contextuais.

Relativamente à *Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes*:

– A autonomia concedida no trabalho proposto aos estudantes nos TL parece promover a qualidade das aprendizagens.

Relativamente aos resultados obtidos com os dados da aprendizagem (secção 4.4.), verificámos que houve uma evolução crescente em qualquer das competências avaliadas e relacionadas com os TL e que o nível atingido na última avaliação feita para cada uma tem um valor positivo (≥2,5). Estes resultados permitem-nos concluir que houve desenvolvimento das competências em avaliação com a OD.

Posto isto, podemos inferir que a mediação das aprendizagens dos estudantes e de questões relacionadas com a implementação do currículo promovem aprendizagens de qualidade. Destaquemos esses aspectos da mediação:

► A comunicação aos estudantes, da forma mais concreta possível, dos padrões de qualidade exigidos pela professora é relevante para minimizar o período de ajustamento do desempenho dos estudantes ao padrão de qualidade exigido.

► A mediação e a avaliação, aliadas a um desenho curricular que integre trabalhos laboratoriais, desempenham um papel crucial no desenvolvimento de competências laboratoriais, nomeadamente, a competência relacionada com a compreensão do problema a resolver, as competências técnicas e a competência relacionada com a relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos.

► A concessão de autonomia no trabalho dos estudantes reveste-se de enorme importância, uma vez que promove a consciencialização dos estudantes relativamente às suas aprendizagens, e promove o desenvolvimento de competências de elevado nível, como a resolução de problemas.

► É necessário manter explícito o fio de ligação entre as aulas, fazendo ligações entre conceitos através das tarefas, através da discussão aprofundada de conceitos em contexto ou através da apresentação de novos conceitos.

O desenho curricular, ao incorporar os trabalhos laboratoriais em forte articulação com os conceitos e restantes tarefas, permitiu que estes fossem implementados de uma forma mais flexível, dinâmica e adaptada às circunstâncias específicas dos processos de ensino e aprendizagem. O desenho e gestão curricular com as características descritas permite desenvolver aprendizagens de qualidade, o objectivo último deste trabalho de investigação.

Os resultados obtidos nesta 1ª fase do trabalho não são suficientes para responder de forma completa a Q1 e a Q2. Assim, surge a necessidade de se conceber e implementar uma segunda intervenção didáctica, que nos permita obter dados para responder a Q3 e obter resultados complementares para responder a Q1 e Q2.

5. SEGUNDA FASE DO ESTUDO

Neste capítulo, começamos por explicar a pertinência da constituição da segunda fase do estudo e da necessidade de fazer um ensaio prévio à sua execução, apresentando-se de seguida uma descrição sumária deste ensaio (secção 5.1.). Na secção 5.2. caracterizamos o caso do tipo investigação-acção e o caso do tipo avaliativo da segunda fase do estudo. Na secção 5.3. apresentamos o caso da segunda intervenção didáctica (caso investigação-acção), com a descrição do desenho curricular, dando particular destaque às alterações feitas à sua concepção (secção 5.3.1.) e com a descrição dos instrumentos utilizados para a recolha de dados (secção 5.3.2.). Na secção 5.4. é feita a análise do ensino, com a explicitação das categorias de análise (secção 5.4.1.), a apresentação da descrição e análise de vários episódios do ensino (secção 5.4.2.), devidamente seleccionados para responder ou complementar as respostas às questões de investigação e na secção 5.4.3. os resultados obtidos com o questionário aos estudantes acerca do ensino, da avaliação e do modo de estudar (QEAME). A análise dos dados relativos à aprendizagem é feita na secção 5.5., onde são apresentados os resultados obtidos com o teste de competências em química (TCQ), a observação directa (OD) com grelha de observação e a grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP). A síntese dos resultados de aprendizagem e a sua relação com práticas de ensino é feita na secção 5.5.4..

5.1. ENSAIO PARA A SEGUNDA FASE

5.1.1. Pertinência da constituição da segunda fase

Com a primeira fase do estudo, procurou dar-se respostas às questões de investigação Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*, Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?* e Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*. Para tal, partiu-se da concepção de um desenho curricular, cujas implementação e gestão foram monitorizadas ao longo dos processos de ensino e de aprendizagem, concomitantemente com a monitorização das aprendizagens dos estudantes. Nesta primeira fase, e de acordo com a fundamentação já abordada no capítulo 2 dos fundamentos teóricos, a concepção do desenho curricular teve em conta dois aspectos. Por um lado, a integração das várias componentes, nomeadamente, os conhecimentos a ensinar, as competências e atitudes a desenvolver, os contextos de uso dos conceitos e as tarefas, entre as quais o trabalho laboratorial. Por outro lado, a perspectivação das características gerais da mediação para auxiliar os estudantes nas suas aprendizagens, em particular, na mobilização dos seus conhecimentos prévios, na reestruturação dos conceitos mobilizados e das suas relações, na apropriação de novos conceitos, no delineamento da resolução de problemas e no desenvolvimento de outras competências e atitudes.

Note-se que, apesar destas preocupações estarem sempre presentes na concepção do desenho curricular e na perspectivação das mediações da professora, este trabalho não foi feito *a priori* de modo explícito, estruturado, equilibrado (isto é, com os devidos pesos e com os devidos *timings)* e sistemático. A articulação entre o desenho curricular e a sua implementação e gestão foi feita ao correr do tempo, das experiências de aprendizagem e dos imprevistos que fossem surgindo.

Foi a análise da primeira fase do estudo, nomeadamente no que respeita (i) às impressões dos estudantes sobre o modo de ensinar, (ii) ao desenvolvimento de competências, (iii) à qualidade dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes, (iv) às dificuldades de vários tipos dos estudantes e (v) às dificuldades sentidas pela professora (conceptuais de química, conceptuais do quadro teórico de referência, de gestão da implementação do currículo – gestão de tempo e articulação das diversas

actividades lectivas – e de mediação das aprendizagens) que tornou importante a concepção de uma segunda fase de estudo. Com a primeira fase do estudo, ficou mais claro *como fazer* para responder às questões de investigação, embora as questões Q1 e Q2 tenham ficado já parcialmente respondidas, pois encontrados bons indicadores de um ensino de qualidade. É devido à intenção de pensar melhor sobre *o que se faz* e *como se faz*, que foi necessário conceber a segunda fase. Portanto, a segunda fase do estudo impôs-se como necessária para melhor responder às questões de investigação, sendo particularmente importante para responder à Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*, proporcionando as condições para a aquisição de mais experiência profissional pela professora, no contexto da implementação e gestão de um melhor desenho curricular.

Já dissemos anteriormente que a parca experiência lectiva e investigativa da professora/investigadora, após a primeira fase do estudo, conduziu à necessidade da realização de uma experiência pessoal, prévia à implementação da segunda fase. Esta experiência foi entendida como um ensaio para alcançar maiores níveis de confiança e de conforto para as mudanças a introduzir na segunda fase, particularmente, ao nível da apropriação do quadro teórico de referência pela professora/investigadora, com consequências evidentes para a concepção do desenho curricular e com implicações importantes na mediação das aprendizagens dos estudantes pela professora e, portanto, também na implementação e gestão do desenho curricular. Esta etapa do estudo decorreu no primeiro semestre do ano lectivo de 2005/06.

5.1.2. Breve descrição do ensaio para a segunda fase

Sendo esta intervenção elaborada com vista a ensaiar a segunda fase do estudo, não houve preocupações metodológicas, ao contrário da segunda fase, que foi metodologicamente consistente. Para este ensaio, concebeu-se o desenho curricular a partir de, por um lado, uma apropriação mais profunda do quadro teórico e, por outro, uma análise aos resultados obtidos na primeira fase. Posto isto, passou-se à implementação e gestão do desenho curricular numa perspectiva de *treino*, ou seja, com a preocupação de anotar todas as particularidades consideradas positivas para o ensino e a aprendizagem e, portanto, a manter ou a melhorar, ou, pelo contrário, consideradas ineficazes, ou desaconselhadas e, logo, a abandonar.

Podemos resumir, em três etapas, o trabalho desenvolvido pela professora/investigadora.

Numa primeira etapa, tratou da/o:

• Utilização da tabela de especificação da SF (situação formativa) como instrumento para conceber e gerir o currículo (ver secção 2.2., do enquadramento teórico *Situação Formativa*);

• Concepção do desenho curricular em termos de uma rede de SF;

• Introdução do trabalho por projecto como meio estruturante das várias SF e unificador do currículo;

• Concepção de cada tarefa de acordo com o conhecimento prévio esperado dos estudantes, os conhecimentos a ensinar e as competências a desenvolver, explicitando todas estas componentes da SF (e em articulação com os recursos seleccionados ou concebidos);

• Delineamento detalhado dos traços da mediação da professora para cada tarefa;

• Concepção e selecção de mais instrumentos de recolha de dados.

Numa segunda etapa, tratou da:

• Implementação e gestão do desenho curricular agora concebido;

• Recolha de registos para melhorar a segunda fase relativamente ao ensaio e mesmo deste;

• Administração dos instrumentos de recolha de dados aos estudantes do ensaio e recolha de impressões sobre como negociar com os estudantes a sua colaboração (com contrapartidas, …);

• Preparação do 2º caso avaliativo, nomeadamente, primeiros contactos com os eventuais professores colaboradores, esclarecimentos ao(s) professor(es)/colaborador(es) acerca da sua participação (permissão para aulas assistidas e para administração de testes, …) e negociação de vários aspectos metodológicos (momentos e circunstâncias de administração dos testes, por exemplo).

Finalmente, na última etapa, tratou da:

• Análise dos dados recolhidos com alguns instrumentos, dando particular atenção a (i) constrangimentos da sua administração (questões operacionais, de (des)confiança por parte dos estudantes, ou outras) e a (ii) dificuldades da execução das tarefas pelos estudantes (do teste de competências, por exemplo).

• Resolução, diminuição ou supressão das dificuldades colocadas ao longo do ensaio para a segunda fase do estudo, por exemplo, com a clarificação da informação dada, a reformulação de tarefas, a adaptação, correcção e/ou alteração dos traços de mediação a usar pela professora.

5.2. APRESENTAÇÃO SUMÁRIA DO ESTUDO

A segunda fase do estudo foi, então, constituída para obter dados para responder a Q3 e obter resultados complementares para responder a Q1 e Q2, contribuindo assim para melhor responder ao problema geral de investigação (formulado e apresentado na secção 1.2.) – *Como promover a qualidade das aprendizagens dos estudantes, de uma disciplina do âmbito de química introdutória?*

Recordemos as três questões de investigação:

Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*

Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*

Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*

Para a segunda fase do estudo, constituímos um caso do tipo investigação-acção e um caso do tipo avaliativo. A investigação-acção foi usada na implementação e gestão de um desenho curricular cuja concepção resultou de alterações significativas ao desenho concebido para a primeira fase. Para tal, fez-se a monitorização das aprendizagens dos estudantes e da implementação e gestão do desenho curricular reconstruído. O caso avaliativo foi usado como caso de referência

para se poder avaliar os ganhos relativos ao desenvolvimento de competências seleccionadas dos campos conceptuais Soluções aquosas, Modelo atómico, Reacções químicas, Modelo energético e Equilíbrio químico e para se poder avaliar a evolução das opiniões dos estudantes acerca do respectivo modo de estudar e do ensino e da avaliação da disciplina.

A selecção do caso para o estudo do tipo investigação-acção considerou vários aspectos: (i) seleccionar uma disciplina com as mesmas características programáticas e de tipologia de aulas que a do caso investigação-acção da primeira fase; (ii) continuar a assegurar a docência da totalidade das aulas dos seus estudantes; (iii) manter a estruturação das aulas da disciplina tal como no caso investigação-acção da primeira fase.

Assim, o caso é constituído pela professora e por todos os estudantes -21- da disciplina de Química (11) e da disciplina de Química I (10), ambas do âmbito de química introdutória e a funcionarem no 1º semestre do 1º ano no ano lectivo de 2006/07, das licenciaturas em Ecologia Aplicada e em Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais, respectivamente, da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. A professora é responsável por todas as aulas das duas disciplinas, que funcionaram em simultâneo para as duas licenciaturas. Funcionou uma turma, nas aulas teóricas, com a totalidade dos estudantes, leccionadas uma vez por semana num bloco de 110 minutos, e nas aulas práticas funcionaram duas turmas com 12 e 9 estudantes, respectivamente, leccionadas uma vez por semana num bloco de 120 minutos (embora os estudantes de Engenharia Ambiental tivessem 180 minutos por aula prática e ainda 60 minutos extra para uma aula do tipo teórico-prática, de acordo com a carga horária prevista para esta disciplina desta licenciatura).

Da análise dos dados obtidos com a administração do inquérito aos estudantes sobre as suas habilitações académicas, igualmente administrado aos estudantes da primeira fase do estudo (ver tabela 5.1 e Inquérito aos estudantes, nas secções 4.2.2. e 5.3.2. – Instrumentos para recolha de dados), podemos apresentar os seguintes resultados:

• Responderam ao inquérito 23 estudantes. No entanto, o nosso caso é constituído por 21 elementos. Como, no início das aulas, compareceram mais alguns estudantes que acabaram por desistir da disciplina, calculamos que os inquéritos a mais sejam de dois deles. Como o inquérito foi preenchido anonimamente, não foi

possível retirar os inquéritos a mais. No entanto, dos estudantes que responderam ao inquérito (23), 21 (91%) pertencem ao caso, pelo que os resultados obtidos são ilustrativos da globalidade dos estudantes que constituíram o caso investigação-acção.

• Dos estudantes que responderam ao inquérito, 17 (74%) frequentaram a disciplina de Química do 12º ano, tendo obtido uma nota final média à disciplina de 12,8 valores.

Tabela 5.1 – Resultados do Inquérito aos estudantes da disciplina de química introdutória do caso investigação-acção em 2006/07.

<table>
<tr><td colspan="6">Total de estudantes que responderam ao inquérito: 23</td></tr>
<tr><td colspan="3">Frequentaram Química no 12º ano: 17
(74%)
Média de nota de Química no 12º ano: 12,8</td><td colspan="3">Não frequentaram Química no 12º ano: 6
(26%)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Realizaram prova específica de Química: 14 (82%)
Média de prova específica de Química: 10,8</td><td>Não realizaram prova específica de Química: 3 (18%)</td><td colspan="3">Não realizaram prova específica de Química: 6</td></tr>
<tr><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 14</td><td>Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 3</td><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 4
(67%)</td><td>Não frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 2 (33%)</td></tr>
<tr><td>Frequentaram Técnicas Lab. de Química: 8</td><td>Não frequentaram Técnicas Lab. de Química: 6</td><td>Frequentaram Técnicas Lab. de Química: 3</td><td>Frequentaram Técnicas Lab. de Química:3</td><td>Não frequentaram Técnicas Lab. de Química: 1</td><td>Não frequentaram Técnicas Lab. de Química: 2</td></tr>
</table>

• Dos estudantes que frequentaram Química no 12º ano (17), 82% (14) realizaram a prova específica de Química no final do 12º ano, a fim de se candidatarem ao ensino superior, tendo obtido uma nota média de 10,8 valores naquela prova.

• Os estudantes que frequentaram Química no 12º ano (17) frequentaram igualmente a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos, mas só 65% (11) frequentaram a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

• Dos estudantes que *não* frequentaram Química no 12º ano, 6 (26%), nenhum realizou a prova específica de Química no final do 12º ano. Destes, só 2/3 frequentaram a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos, e só metade frequentou a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

Portanto, dos estudantes que responderam ao inquérito, 74% frequentaram Química no 12º ano (com nota final média de 12,8 valores) e a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos; destes, só 65% frequentaram a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química. Os estudantes que não frequentaram Química no 12º ano, também não realizaram a prova específica; destes, só 2/3 frequentaram a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos, e metade frequentou a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

Quanto à professora, que é simultaneamente a investigadora, tal como no estudo de caso do tipo investigação-acção da primeira fase, esta assumiu pela terceira vez a responsabilidade da totalidade das aulas das disciplinas em causa. Portanto, a experiência lectiva da professora antes da segunda intervenção diferiu da que possuía antes da primeira intervenção, não só por se tratar de mais dois semestres de docência, mas principalmente por toda a aprendizagem que ela própria teve ao ser a responsável pela investigação-acção desenvolvida na primeira fase do estudo, e pelos conhecimentos adquiridos ao longo do ensaio para a segunda fase, e que foram postos ao serviço da segunda intervenção.

Quanto ao perfil da investigadora, nesta data, ele assentou principalmente na sua experiência investigativa em didáctica das ciências e, em particular, na didáctica das ciências físicas, que decorreu até à data, isto é, durante a primeira fase do estudo e o ensaio para a segunda fase. Durante este processo, a professora/investigadora participou em alguns encontros e congressos da área, apresentando trabalhos sobre a sua investigação em curso (Marques et al., 2005a, 2005b, 2005c), publicou dois artigos em actas de congressos (Marques et al., 2005b, 2005c), dirigiu um *workshop* (Marques et al., 2005d), tendo ainda contribuído para um capítulo de um livro (Lopes et al., 2009).

Para o caso avaliativo, optou-se por todos os estudantes -17- e respectiva professora, responsável pela totalidade das aulas, de uma disciplina do âmbito de química introdutória, comum a duas licenciaturas de uma universidade portuguesa, cujas aulas decorreram no 2º semestre do 1º ano, no ano lectivo de 2005/06. A opção para o caso avaliativo foi feita após um levantamento de várias possibilidades em algumas universidades do norte de Portugal, todas elas do âmbito de química introdutória. No entanto, os diversos docentes envolvidos tiveram atitudes diferentes perante o pedido da sua colaboração. Houve quem alegasse, desde logo, a sua indisponibilidade (falta de tempo ou saúde para colaborar) ou, aceitando participar,

não foram tomadas as diligências suficientes para a administração dos testes de recolha de dados (não conseguindo horário extra conveniente aos estudantes, ou uma sala disponível, ou ainda algum tempo útil das suas aulas, ou esquecendo-se de administrar os pós-testes, …). A escolha pela disciplina acima referida e respectiva professora para o caso avaliativo da segunda fase teve em conta dois aspectos essenciais. Por um lado, a disponibilidade em colaborar manifestada pela professora e o interesse que foi mostrado pelo tema da investigação em causa. Por outro lado, as características da disciplina respectiva, que permitiam o seu enquadramento em química introdutória, nomeadamente em termos dos conhecimentos a ensinar, das competências a desenvolver e da tipologia oficial das aulas. As aulas estavam estruturadas, semanalmente, em duas aulas teóricas de 50 minutos cada e uma aula prática de 3 horas. Funcionou uma turma, nas aulas teóricas e nas aulas práticas, com a totalidade dos estudantes. No horário das aulas práticas, decorreram 4 trabalhos laboratoriais, alternados com aulas de preparação ou discussão dos mesmos, e de resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações.

A estes estudantes foi administrado o mesmo inquérito usado nos casos investigação-acção e avaliativo de 2004/05 e no caso investigação-acção de 2006/07 (ver tabela 5.2 e Inquérito aos estudantes, nas secções 4.2.2. e 5.3.2. – Instrumentos para recolha de dados).

Da análise dos dados obtidos, podemos apresentar os seguintes resultados:

• Responderam ao inquérito 17 estudantes, ou seja, a globalidade dos estudantes do caso.

• Dos estudantes que responderam ao inquérito, cerca de 30% (5) *não* frequentaram a disciplina de Química do 12º ano, nem realizaram a prova específica de Química no final do 12º ano, e a maioria destes (4) não frequentou a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química. No entanto, todos eles (5) frequentaram a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos.

Tabela 5.2 – Resultados do Inquérito aos estudantes da disciplina de química introdutória do caso avaliativo em 2005/06.

<table>
<tr><td colspan="6">Total de estudantes que responderam ao inquérito: 17</td></tr>
<tr><td colspan="4">Frequentaram Química no 12º ano: 12
(71%)
Média de nota de Química no 12º ano: 13,5 (só 11 indicaram a sua nota)</td><td colspan="2">Não frequentaram Química no 12º ano: 5
(29%)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Realizaram prova específica de Química: 9
(75%)
Média de prova específica de Química: 13,0</td><td colspan="2">Não realizaram prova específica de Química: 3
(25%)</td><td colspan="2">Não realizaram prova específica de Química: 5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 9</td><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 3</td><td colspan="2">Frequentaram Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos: 5</td></tr>
<tr><td>Frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 6</td><td>Não frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 3</td><td>Frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 2</td><td>Não frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 1</td><td>Frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 1</td><td>Não frequentaram Técnicas Laboratoriais de Química: 4</td></tr>
</table>

• Dos 12 (cerca de 70%) estudantes que frequentaram Química no 12º ano, cuja nota final média obtida foi de, aproximadamente, 13,5 valores, 75% realizaram a prova específica de Química no final do 12º ano, tendo sido obtida a nota média nesta prova de 13,0 valores (ou seja, foi a nota média obtida por 53% dos estudantes que responderam ao inquérito).

• Todos os estudantes que frequentaram Química no 12º ano frequentaram igualmente a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos e, destes, 2/3 (8) frequentaram a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

Portanto, dos estudantes que responderam ao inquérito, todos frequentaram a disciplina de Ciências Físico-Químicas nos 10º e 11º anos, e mais de 2/3 frequentaram Química no 12º ano (com nota final média de 13,5 valores), dos quais 75% realizaram a prova específica de Química, tendo sido obtida a nota média nesta prova de 13,0 valores. A disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química foi frequentada por mais de 50% dos estudantes que responderam ao inquérito.

Relativamente à professora do caso avaliativo, a recolha de dados acerca das suas convicções e práticas lectivas recorreu aos registos feitos pela professora/investigadora em diversas ocasiões: (i) após várias conversas informais com a professora/colaboradora; (ii) ao longo de 5 aulas (2 teóricas e 3 práticas) leccionadas pela professora/colaboradora e assistidas pela professora/investigadora e (iii) a partir

de uma entrevista semi-orientada, que se sustentou num guião apresentado na secção 5.3.2. – Instrumentos para recolha de dados (Guião da Entrevista ao Colaborador).

A professora/colaboradora exerce funções docentes ligadas a disciplinas do âmbito de química introdutória e de química-física desde 1989, nomeadamente na leccionação de aulas práticas, teórico-práticas e teóricas, tendo leccionado anteriormente a estas funções, durante um ano lectivo, a disciplina de Ciências Físico-Químicas a quatro turmas do 3º ciclo do ensino básico. Exceptuam-se da actividade lectiva quatro anos, três em que esteve em dispensa de serviço para efeitos de doutoramento e um em licença sabática. Desde 1997, assumiu pela primeira vez a regência de uma disciplina, a disciplina do âmbito de química introdutória que integra este caso avaliativo, situação que se mantinha à data desta colaboração, sendo que em três destes oito anos assegurou também a regência da mesma disciplina para a outra licenciatura do caso avaliativo. Em 2004/05, a professora/colaboradora assumiu a responsabilidade de todas as aulas da disciplina do caso avaliativo. Portanto, à data desta colaboração, a professora/colaboradora tinha já 13 anos de experiência lectiva, dos quais 12 no ensino superior, sendo sete com regências.

O perfil desta professora/colaboradora em termos da sua prática lectiva tem características que não nos parecem habituais nos professores do ensino superior, principalmente até à data desta colaboração, ou seja, antes da entrada em vigor da leccionação segundo o espírito de Bolonha. Para além das formações disponibilizadas pela instituição de ensino superior a que esta professora pertence, facultativas mas que esta tem frequentado, tem havido desde cedo nesta professora uma clara preocupação e interesse pelos aspectos do ensino e da aprendizagem. As formações, que têm apontado para uma leccionação mais interactiva entre professor e estudante, e as reflexões feitas pela própria acerca da sua prática de ensino, sempre que surgem os resultados das avaliações formais aos seus estudantes, têm-se manifestado no estilo de ensino praticado e na introdução de alterações ano após ano, por pequenas que sejam. Por exemplo, o uso de meios audiovisuais mais modernos (o PowerPoint) nas aulas teóricas foi introduzido com o objectivo de poder ir adequando os conteúdos em cada ano lectivo e de poder fornecer estas apresentações aos estudantes, *a priori*, de modo a tê-los menos preocupados com o registo de apontamentos e mais com o acompanhamento da exposição teórica, e por acreditar que estes meios são propiciadores da atenção e consequentemente da aprendizagem. Outra alteração que a professora/colaboradora introduziu diz respeito à diminuição significativa do tempo dedicado aos exercícios teórico-práticos (no horário das aulas práticas), usado para

tirar dúvidas, por ter notado que os estudantes que não trabalhavam previamente às aulas nada aprendiam, enquanto que os mais trabalhadores passaram a ter o seu tempo mais aproveitado. Na opinião desta colaboradora, esta alteração provocou mais responsabilização dos estudantes na sua aprendizagem. No restante tempo das aulas práticas, para além da execução dos trabalhos laboratoriais, e de algum tempo para as dúvidas teórico-práticas, passou a haver aulas prévias de preparação dos mesmos, permitindo a sua preparação mais exaustiva, e aulas de correcção dos testes de avaliação sobre os trabalhos de laboratório. Para além de manifestações positivas dos estudantes em relação à utilidade destas aulas, segundo esta professora, estes aspectos terão permitido uma aprendizagem mais continuada.

São convicções desta professora/colaboradora de que são particularmente importantes, na criação de ambientes geradores de aprendizagens de qualidade, a formação didáctica dos professores, as relações (afectivas, de compromisso, …) entre professores e estudantes, as motivações, o desempenho, a formação académica e as dificuldades sentidas pelos estudantes nos seus processos de aprendizagem.

Nas aulas teóricas da disciplina deste caso avaliativo, a professora/colaboradora usou, essencialmente, o método expositivo, como forma de mostrar aos estudantes como se faz a interpretação dos conceitos. No entanto, a mera exposição dos conceitos teóricos alternou, frequentes vezes, com a interpelação dos estudantes acerca do significado de conceitos, da interpretação de gráficos ou de ilações a tirar. Esta abordagem no seu ensino tem o intuito de envolver os estudantes na sua aprendizagem e assim poderem aprender mais facilmente, para além de promover o à-vontade destes na colocação das suas dúvidas e facilitar a percepção das suas concepções e/ou dificuldades pela professora/colaboradora. Regularmente, era proposta aos estudantes a resolução de vários exercícios de aplicação de conceitos, como forma de eles apreenderem os conceitos em jogo e também para a verificação do seu nível de aprendizagem. No horário das aulas práticas funcionaram tipos diversos de ensino (aliás, coerentes com alterações introduzidas anteriormente). A saber, decorreram 4 aulas com trabalhos laboratoriais executados pelos estudantes, intercaladas com aulas de preparação e de discussão dos mesmos, havendo ainda momentos de resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações. Nas aulas de preparação dos trabalhos laboratoriais, a leitura e a interpretação do protocolo foram feitas conjuntamente pela professora e estudantes, quer da introdução teórica como da parte experimental, nomeadamente com a construção de tabelas de resultados e a discussão do tratamento de resultados. Para a professora/colaboradora,

este trabalho é fundamental para os estudantes "saberem o que vão fazer na aula *experimental*; para tomarem consciência de que um trabalho prático não é só a parte de execução de um protocolo *experimental*, mas que envolve a aplicação de um conjunto de conceitos teóricos, que são apresentados com antecedência nas aulas teóricas", tendo ainda como objectivo "dar um treino aos alunos na análise e reflexão em situações *experimentais*". A execução dos trabalhos de laboratório era feita em grupo pelos estudantes, de uma forma que se pretendia autónoma e onde estes tinham de tentar resolver as dificuldades que surgissem com a discussão no grupo, antes de colocarem as suas dúvidas à professora. São "aulas de aprendizagem, apesar da execução do trabalho prático também ser avaliada pois [os estudantes] estão constantemente sob o *peso* da observação da professora". Esta foi a via escolhida para responsabilizar os estudantes pela sua autonomia neste tipo de aulas. Posteriormente à execução laboratorial, na aula prática seguinte, era realizado um pequeno teste de avaliação do trabalho de laboratório correspondente, seguindo-se um período de esclarecimento de dúvidas de exercícios de aplicação de conceitos, terminando com a preparação do trabalho laboratorial seguinte. O esclarecimento de dúvidas de exercícios teórico-práticos ou a discussão dos trabalhos laboratoriais já executados recorreram a um tipo de ensino que a professora/colaboradora designou de *tutorial*, ou seja, em que a professora faz "uma ronda pelos alunos e cada um tem oportunidade de apresentar as suas dúvidas; por vezes estas podem ser interessante para todos e a discussão pode ser alargada pelo grupo". Segundo esta professora, "as dúvidas são pessoais; a forma de cada um trabalhar é diferente; o papel do professor é orientar a resolução do *problema* e não dar/normalizar a resolução de *problemas* (que difere consoante a pessoa)".

Podemos dizer que esta professora/colaboradora, sem instrução formal em educação em ciência, tem uma grande maturidade intelectual no que respeita a assuntos de ensino e de aprendizagem, a começar pelos seus conceitos de *ensino de qualidade* ("o que está associado a uma aprendizagem de qualidade") e de *aprendizagem de qualidade* ("é o nosso objectivo; é uma aprendizagem que leva a uma autonomia, a que adquiram bases teóricas muito fortes relativamente a conceitos científicos que permitam a sua aplicação em contexto profissional"). As suas noções e práticas lectivas nos domínios do ensino e da aprendizagem parecem-nos consentâneas com os paradigmas mais recentes em didáctica das ciências, nomeadamente no que respeita à consideração dos conhecimentos prévios dos estudantes, à importância da mediação das aprendizagens dos estudantes, à

relevância dada à promoção da autonomia e responsabilização dos estudantes pelas suas aprendizagens, à necessidade do professor ir sabendo qual o nível das aprendizagens dos estudantes (avaliação) e ainda com a valorização de aspectos afectivos na relação professor-estudante.

5.3. CASO DA 2ª INTERVENÇÃO DIDÁCTICA

5.3.1. Descrição do desenho curricular

Tal como foi explicado na secção 5.1.1. (Pertinência da constituição da segunda fase), na segunda fase do estudo houve mudanças importantes ao nível da concepção do desenho curricular.

Assim, a professora/investigadora reanalisou o trabalho desenvolvido na etapa I da primeira fase do estudo (ver secção 4.2.1. – Descrição do desenho curricular). Ou seja, reanalisou as componentes incorporadas no currículo (conhecimentos a ensinar, competências e atitudes a desenvolver, contextos de uso dos conceitos e contextos ambientais e procedeu a algumas alterações, nomeadamente:

• Detalhou a rede conceptual dos conceitos centrais e dos modelos teóricos a ensinar (ou apenas envolvidos, como é o caso do modelo cinético, cujo conceito de velocidade de reacção é necessário para ensinar o conceito de equilíbrio químico) na disciplina do caso investigação-acção, com a integração dos contextos de uso dos conceitos (figura 5.1).

• Afinou a selecção dos conceitos a ensinar e organizou-os de forma diferente e mais detalhadamente. Seleccionou os contextos, de preferência inseridos na problemática das águas, tal como já definido no caso investigação-acção da primeira fase, e associou-os aos contextos de uso dos conceitos e estes aos modelos teóricos e aos conceitos a ensinar (tabela 5.3), para estabelecer a ligação entre os contextos de uso e as unidades didácticas. Estes contextos de ligação aos contextos de uso, por se suporem apelativos para os estudantes, deram o nome às unidades curriculares da

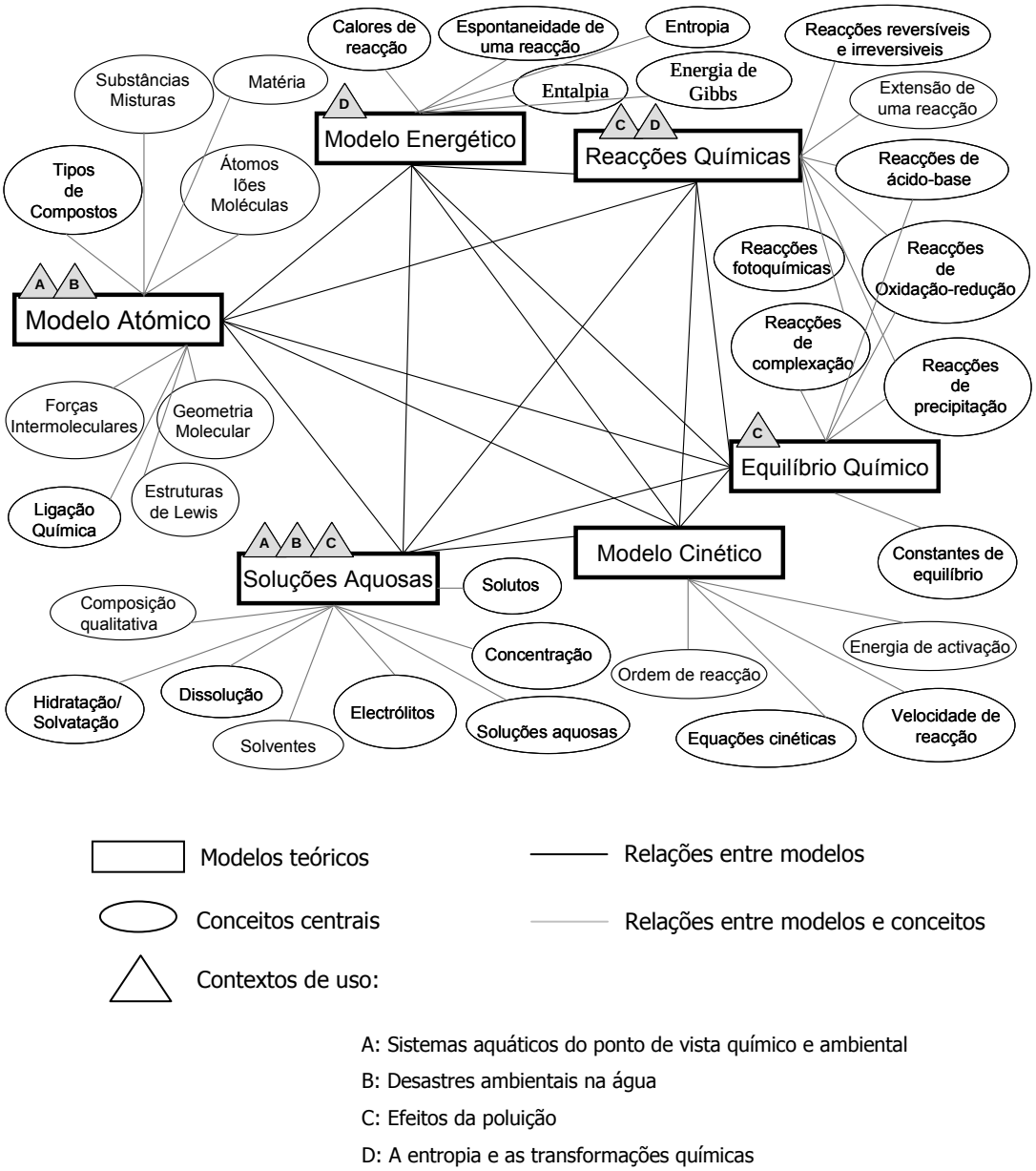


Figura 5.1 – Rede conceptual dos conceitos centrais e dos modelos teóricos a ensinar, com a inclusão dos contextos de uso dos conceitos, na disciplina de Química do caso investigação-acção do ano de 2006/07.

disciplina. Os contextos de uso dos conceitos constituíram uma indicação clarificadora para a professora em termos dos modelos e conceitos a ensinar. Esta análise epistemológica mais cuidada e extensa foi fundamental para o trabalho desenvolvido posteriormente, a saber, na preparação do desenho curricular a implementar.

• Incluiu três novas competências a desenvolver pelos estudantes (CT6, CT7 e CT8), ou antes, explicitou-as, pois no caso investigação-acção da primeira fase estas competências já estavam contempladas. Reformulou ainda a competência CT1 (tabela 5.4).

Tabela 5.3 – Modelos teóricos e conceitos a aprender pelos estudantes e sua articulação com os contextos de uso dos conceitos e com as unidades didácticas (contextos de ligação) na disciplina de Química do caso investigação-acção do ano de 2006/07.

Contextos de uso	**Modelos teóricos e conceitos**	**Unidades didácticas**
I: Problemas ambientais em contextos CTS-A	Química. Ciência. Tecnologia. Sociedade. Ambiente. Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente. Ecossistemas. Efeito Dominó. Impacte ambiental. Tipos de recursos naturais. Modelos económicos de desenvolvimento: exploração incontrolada, conservacionismo sem concessões, desenvolvimento sustentável.	**Unidade Inicial** – A Química, o Homem e a Terra
A: Sistemas aquáticos do ponto de vista químico e ambiental	Tipos de matéria: substâncias (substâncias elementares, substâncias compostas ou compostos) e misturas (homogéneas ou soluções, heterogéneas e colóides). Unidades básicas das substâncias: átomos, moléculas, iões. Tipos de compostos: iónicos, covalentes moleculares e covalentes de rede tridimensional. Fórmulas químicas: fórmulas moleculares e fórmulas empíricas (*representações de conceitos*). Modelo atómico. Átomo. Propriedades macroscópicas e a natureza submicroscópica da matéria. Lei da conservação da massa e transformações químicas. Constituição do átomo. Os electrões como participantes nas transformações químicas. Notação científica. Algarismos significativos. Exactidão (rigor) e precisão. Erros sistemáticos e erros acidentais numa medição. Soluções. Solutos. Solventes. Tipos de soluções. Soluções aquosas. Solubilidade de substâncias em água. Solução saturada. Solução insaturada. Solução sobressaturada. Concentração de soluções aquosas. Molaridade, molalidade, percentagem mássica, partes por milhão, massa por volume, fracção molar. Densidade de uma solução.	**Unidade A1** – Águas puras e águas poluídas **Sub-unidade α** – Incursão ao *interior* da matéria (I) **Unidade A2** – Sistemas aquáticos simples
B: Desastres ambientais na água	Classificação dos solutos em solução aquosa: electrólitos e não-electrólitos, electrólitos fortes e electrólitos fracos. Dissolução e dissociação de compostos iónicos na água. Dissolução de compostos moleculares na água. Hidratação de iões e de moléculas. Configuração electrónica. Notação de Lewis. Ligações químicas: iónica, covalente e metálica. Tipos de compostos: iónicos, covalentes moleculares e covalentes de rede tridimensional. Electronegatividade, energia de ionização e afinidade electrónica de um elemento. Estruturas de Lewis. Modelo de Repulsão dos Pares Electrónicos da Camada de Valência. Geometria molecular. Momento dipolar de uma ligação. Momento dipolar de uma molécula. Forças intermoleculares: dipolo-dipolo, ião-dipolo, dipolo-dipolo induzido, ião dipolo induzido, dipolo instantâneo-dipolo e	**Unidade B** – Desastres ambientais na água **Sub-unidade β** –Incursão ao *interior* da matéria (II)

	ligação de hidrogénio. Temperaturas de fusão e de ebulição de substâncias *versus* forças intermoleculares. Dissolução de umas substâncias noutras *versus* forças intermoleculares. Processo de dissolução analisado em termos moleculares	
C: Efeitos da poluição	Reacções químicas no ambiente: reacções de oxidação-redução, reacções de ácido-base, reacções de precipitação, reacções de complexação, reacções fotoquímicas. Extensão de uma reacção química. Reacções completas ou irreversíveis. Reacções incompletas ou reversíveis. Noção de equilíbrio químico. Constante de equilíbrio. Factores que afectam o equilíbrio químico. Equilíbrio de oxidação-redução: reacção de redução, reacção de oxidação, nº de oxidação, acerto de equações de oxidação redução, agente redutor, agente oxidante, substância reduzida, substância oxidada. Equilíbrio de ácido-base: ácidos e bases segundo Arrhenius e segundo Bronsted-Lowry, propriedades ácido base da água, autoionização da água, produto iónico da água, noção de pH, ácidos e bases fortes e ácidos e bases fracos, constantes de ionização de ácidos fracos e de bases fracas, ácidos dipróticos e polipróticos, hidrólise de sais, pH e efeito de ião comum, soluções tampão.	**Unidade C** – Efeitos da poluição
D: A Entropia e as transformações químicas	Processo de dissolução analisado em termos energéticos. Energia. Variações de energia em reacções químicas. Entalpia. Calorimetria. Entalpias padrão de formação e de reacção. Calores de dissolução e de diluição. A primeira lei da Termodinâmica. Processos espontâneos e entropia. A segunda lei da termodinâmica. Energia livre de Gibbs. Energia livre de Gibbs e equilíbrio químico. A terceira lei da termodinâmica.	**Unidade D** – Desenvolvimento Sustentável

Tabela 5.4 – Competências e atitudes a desenvolver pelos estudantes na disciplina de Química no ano de 2006/07 (em destaque, as competências introduzidas ou reformuladas na segunda fase do estudo: CT1, CT6, CT7 e CT8.

Competências	**Competências transversais no âmbito da licenciatura em Ecologia Aplicada:** **CT1**-Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química; **CT2**-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos; **CT3**-Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira; **CT4**-Comunicar informação e conhecimentos de cariz científico de uma forma correcta e clara; **CT5**-Aprender a aprender; **CT6**-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A); **CT7**-Reconhecer a multidisciplinaridade dos problemas; **CT8**-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

	Competências específicas no âmbito da disciplina de Química: **CE1**-Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes; **CE2**-Identificar problemas em situações químicas relevantes para a disciplina; **CE3**-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações; **CE4**-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química; **CE5**-Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas; **CE6**-Estruturar relações entre conceitos de química; **CE7**-Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos; **CE8**-Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro; **CE9**-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em química; **CE10**-Efectuar operações laboratoriais essenciais; **CE11**-Executar montagens laboratoriais em química com destreza e autonomia; **CE12**-Trabalhar num laboratório de química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.
Atitudes	**Atitudes transversais no âmbito da licenciatura em Ecologia Aplicada:** - Assumir responsabilidade, enquanto membro da espécie humana, relativamente ao futuro sustentável do planeta Terra; - Desenvolver comportamentos individuais e sociais adequados ao ambiente, face ao conhecimento adquirido; - Assumir responsabilidade sobre a sua aprendizagem; - Assumir responsabilidade e seriedade na execução de tarefas propostas; - Cultivar a qualidade das iniciativas, tarefas e trabalhos (processos e produtos) que executem; - Cultivar a preocupação ética e ecológica em todas as iniciativas, tarefas e trabalhos que executem; - Reconhecer a utilidade social do conhecimento científico e tecnológico na influência de mudanças na sociedade; - Assumir responsabilidade individual no âmbito do trabalho colectivo, respeitando os compromissos assumidos no âmbito de uma divisão de tarefas no grupo; - Respeitar as opiniões dos outros, entre eles, colegas, dispondo-se a entender e a discutir argumentos contrários, mas também defendendo de forma fundamentada os seus pontos de vista, tendo como meta a construção de conhecimento, a procura de respostas a problemas ou a execução de tarefas. **Atitudes específicas no âmbito da disciplina de Química:** - Reconhecer o papel-chave que a educação em ciência, particularmente a educação em química, pode desempenhar na formação de cidadãos activos na construção de um futuro sustentável; - Reconhecer a relevância da química na compreensão/interpretação e procura de soluções de problemas da sociedade e do planeta Terra.

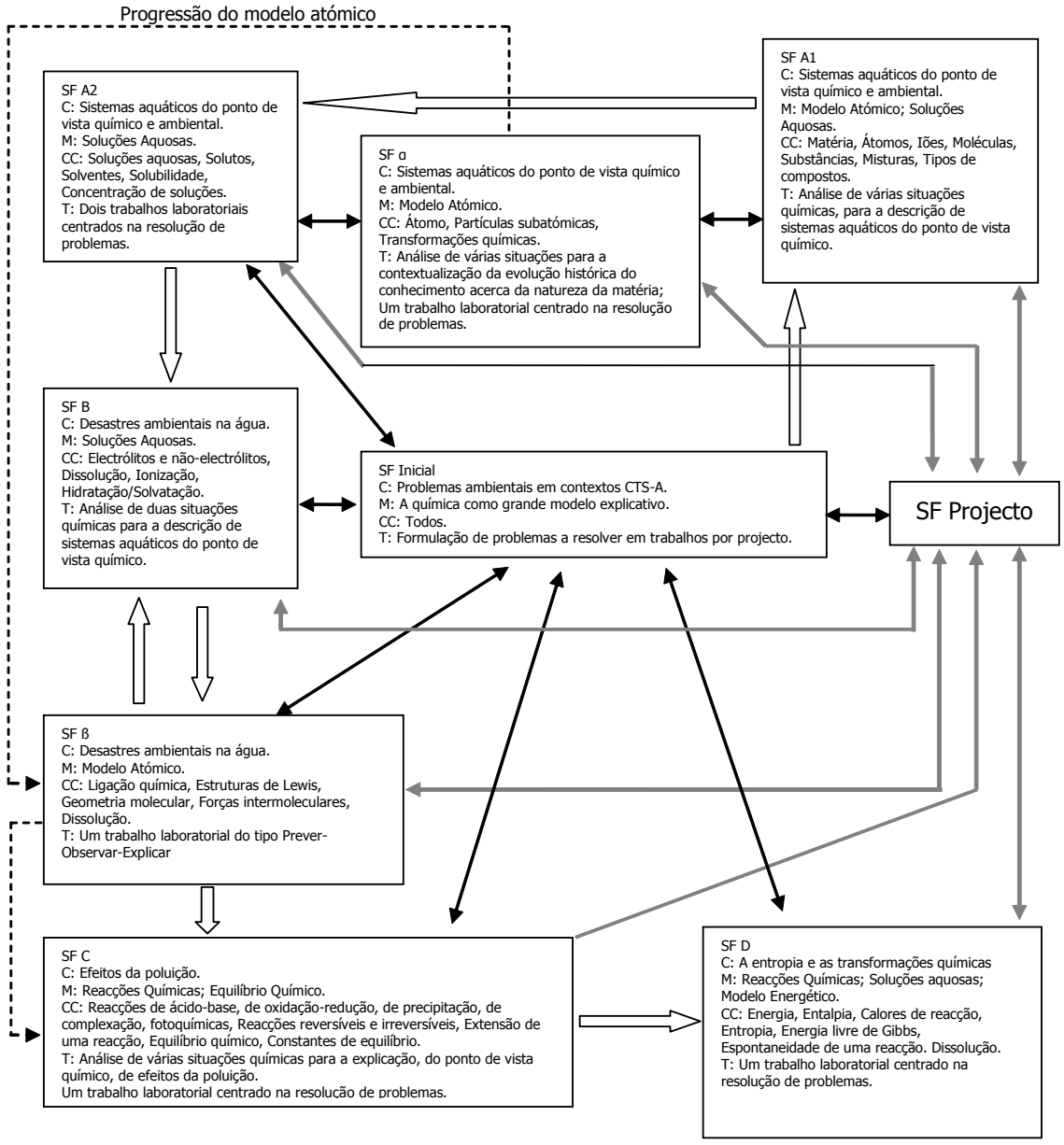
Entretanto, a professora/investigadora assegurou que se mantinham garantidas as condições de exequibilidade institucional para a segunda intervenção didáctica, que seriam as mesmas da primeira intervenção (o que correspondeu à etapa II da primeira fase do estudo). No entanto, na segunda intervenção, a professora/investigadora dispensou a sala de aula suplementar no horário das aulas "práticas", tratando da disponibilização de um retroprojector para o laboratório, uma vez que este tem quadro, bancadas e bancos para os estudantes. Para a exibição do

filme para os estudantes, dispensou igualmente o apoio audiovisual, nem sempre disponível, o que colmatou com o transporte, para a sala de aula, de um televisor e um leitor de cassetes de vídeo da própria professora.

Finalmente, tratou de preparar o desenho curricular a implementar (equivalente à etapa III da primeira fase do estudo) que, como já foi dito, se baseou nos mesmos fundamentos teóricos que o concebido na primeira fase do estudo, mas que sofreu transformações em aspectos essenciais. Apresentemos então estas transformações:

• No caso investigação-acção da primeira fase, o currículo estava estruturado em cinco unidades curriculares, organizadas sequencialmente, correspondendo cada unidade a uma problemática conhecida dos estudantes, onde se inserem contextos do âmbito do ambiente (ver tabela 4.5 da secção 4.2.1.). Na segunda fase, o desenho curricular foi concebido em termos de situações formativas, SF (anexo 5.1), e não de unidades curriculares (apesar de, para os estudantes, se manter esta designação), estruturadas entre si em termos de uma rede de SF (figura 5.2). A articulação das SF em rede reflecte a forma como os conceitos de química estão organizados e hierarquizados, ou seja, há múltiplos conceitos que pertencem a vários campos conceptuais e, mesmo para um só campo conceptual, é possível abordar um conceito segundo vários ângulos.

• A elaboração das SF baseou-se nos princípios apresentados e discutidos na secção 2.2. do Enquadramento Teórico Situação Formativa (ver também figura 2.3 – ET-SF e tabela 2.5 – Tabela de especificação da SF). Ou seja, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes (integrantes do mundo do estudante), dos conhecimentos, modelos teóricos e conceitos a ensinar e das competências e atitudes a desenvolver, a professora/investigadora concebeu tarefas que, remetendo para situações químicas contextuais e usando os recursos adequados, ajudaram a planear a implementação do currículo. Para a sua gestão, delineou os traços da mediação das aprendizagens dos estudantes a usar pela professora. A avaliação das aprendizagens, não estando claramente nas tabelas de especificação das SF, está implícita na mediação, uma vez que esta deve ser informada por aquela. Também neste caso, os conhecimentos a aprender e as competências e atitudes a desenvolver em cada SF foram os relevantes e adequados à compreensão das situações contextuais em causa e os necessários e esperados, neste nível da licenciatura, para a formação química destes futuros ecólogos.



C – Contexto de uso de conceitos; **M** – Modelos teóricos; **CC** – Conceitos centrais; **T** – Tarefas centrais.

Figura 5.2 – Rede de situações formativas da disciplina de Química no ano de 2006/07.

As nove SF elaboradas são apresentadas em anexo por se tratarem de tabelas muito extensas (ver as tabelas de especificação das SF[16], no anexo VI). No entanto, a título ilustrativo, mostramos aqui as tabelas 5.5 e 5.6, de especificação da Situação Formativa Inicial: A Química, o Homem e a Terra e de especificação da Situação Formativa α: Incursão ao *interior* da matéria (I), respectivamente.

• Tal como no caso investigação-acção de 2004/05, em cada SF (em vez de unidade curricular) recorreu-se a fichas de trabalho para dar forma ao trabalho prático em grupo (TP). Recorde-se que este integra três componentes: a(s) situação(ões) química(s), os recursos fornecidos e as tarefas propostas aos estudantes. De uma forma muito breve, podemos recordar que as situações químicas, enquadradas tanto no contexto ambiental como no contexto de uso dos conceitos da respectiva SF, serviram de ponto de partida para o ensino de conceitos e suas relações e/ou para o desenvolvimento de competências e atitudes; os recursos foram usados para

[16] Para facilitar a consulta das tabelas, apresentamos aqui as suas legendas onde fica clara a identificação da respectiva SF e, portanto, a sua *posição* na figura 5.2:

Tabela de especificação da Situação Formativa Inicial: A Química, o Homem e a Terra.

Tabela de especificação da Situação Formativa Projecto (problema a resolver, formulado por cada grupo de estudantes para o respectivo trabalho por projecto).

Tabela de especificação da Situação Formativa A1: Águas puras e águas poluídas.

Tabela de especificação da Situação Formativa α: Incursão ao *interior* da matéria (I).

Tabela de especificação da Situação Formativa A2: Sistemas aquáticos simples.

Tabela de especificação da Situação Formativa B: Desastres ambientais na água.

Tabela de especificação da Situação Formativa ß – Incursão ao *interior* da matéria (II).

Tabela de especificação da Situação Formativa C: Efeitos da poluição.

Tabela de especificação da Situação Formativa D: Desenvolvimento sustentável.

Tabela 5.5 – Tabela de especificação da Situação Formativa Inicial: A Química, o Homem e a Terra.

Conhecimento prévio dos estudantes: conhecimentos empíricos e/ou científicos dos estudantes relativamente à área científica de química e a problemas ambientais e percepções dos estudantes relativamente às inter-relações que se estabelecem entre a química, a sociedade, a tecnologia e o ambiente.

Contexto I: Problemas ambientais em contextos CTS-A

Conhecimentos a ensinar: Natureza e dinâmica das inter-relações CTS-A existentes, em particular, em problemas ambientais susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química

Modelos a ensinar: Modelos de desenvolvimento económico. A química como grande modelo explicativo de certo tipo de transformações intra e inter sistemas.

Conceitos a ensinar: Química. Ciência. Tecnologia. Sociedade. Ambiente. Inter-relações CTS-A. Ambiente. Ecossistemas. Efeito Dominó. Impacte ambiental. Tipos de recursos naturais. Modelos de desenvolvimento económico: exploração incontrolada, conservacionismo sem concessões, desenvolvimento sustentável.

Competências a desenvolver:

CT1-Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química.
CT2-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos.
CT3-Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.
CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).
CT7-Reconhecer a multidisciplinaridade dos problemas.
CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE1-Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes.
CE2-Identificar problemas em situações químicas relevantes para a disciplina.
CE3-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.
CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.
CE6-Estruturar relações entre conceitos de química.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ1. Várias circunstâncias em que a	**A executar em grupo, nas aulas:** **T1.** Questionar os estudantes sobre os seus conhecimentos prévios acerca do conceito de	**R1.** Conjunto de imagens ilustrativas de actividade física	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão

química está presente: metabolismo humano e vegetal, actividade vulcânica, actividade industrial, tráfego automóvel, materiais produzidos pelo homem (R1,T1,T2). **SQ2.** Circunstâncias da vida humana em que estão patentes inter-relações CTS-A, como por exemplo, o impacto da *Internet* ao nível social, político, económico, cultural, científico, … (R2,T3).	química, enquanto área científica, a partir do contexto em que se encontram (sala de aula, que está no *campus* universitário, que está em Vila Real, …) e da apresentação de várias imagens (R1,SQ1). [M1-M6,CT3,CT6,CT8] (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **T2.** Questionar os estudantes sobre os seus conhecimentos prévios acerca do conceito de ciência e das suas relações com a química (R1,SQ1). [M1-M4,M7,M8,CT3,CT8,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **T3.** Propor aos estudantes uma discussão sobre o significado que atribuem à expressão *Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente.* Pedir-lhes que identifiquem, num texto dado, algumas destas inter-relações e que descrevam dois exemplos de situações reais em que sejam evidentes estas inter-relações (R2,SQ2). [M1-M4,M9,M10,CT3,CT6,CT7,CT8,CE1,CE4]. (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **T4.** Propor aos estudantes a identificação de problemas ambientais à escala global, regional e/ou local a partir da leitura de um texto e do visionamento de um filme (R3,R4,SQ3). [M1-M4,M11,M12,CT3,CT8,CE2]. (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII)	desportiva, de flora, de actividade vulcânica, de medicamentos, de produtos de limpeza, de poluição aquática e atmosférica. (incluído na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **R2.** Texto *Tecnologias e Sociedade* sobre inter-relações CTS-A. (incluído na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **R3.** Texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental* sobre modelos económicos de desenvolvimento e sua relação com várias problemáticas ambientais. (incluído na ficha de trabalho nº1, anexo VII)	entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos, à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar discussão em grande grupo. **M5.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado do conceito de química, enquanto área científica, e dos conceitos de matéria, massa e transformações físico-químicas. **M6.** Assegurar que os estudantes compreendem o que é a química, os seus objectos de estudo e os meios particulares de os estudarem, e que compreendem que a química está presente em vários contextos (vida diária, indústrias, ambiente, …). **M7.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado do conceito de ciência, área científica (de que a química é um exemplo) e das relações que existem entre aquelas. **M8.** Assegurar que os estudantes compreendem o que é a ciência, os seus objectos de estudo e os meios diversos de os estudarem, e que compreendem que a química é uma área científica, resultante de uma divisão artificial da ciência. **M9.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado dos conceitos de tecnologia, sociedade, ambiente (diferente consoante o contexto), atmosfera, hidrosfera, litosfera, pedosfera, biosfera, antroposfera, inter-relações CTS-A, ecossistemas, efeito Dominó, impacte ambiental, recursos naturais não renováveis, renováveis, e potencialmente renováveis. **M10.** Assegurar que compreendem o significado do conceito de inter-relações CTS-A e que são capazes de as identificar e descrever em vários cenários. **M11.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado dos conceitos de modelos económicos de desenvolvimento (exploração incontrolada, conservacionismo sem concessões, desenvolvimento sustentável).
SQ3. Problemas ambientais à	**T5.** Propor aos estudantes a formulação de problemas no contexto do ambiente susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da	**R4.** Programa *Ambiente e Crescimento*	**M12.** Assegurar que identificam problemas no contexto do ambiente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química, suas relações com avanços científicos e/ou

escala global, regional e local, como por exemplo, a destruição da camada de ozono, a desflorestação, a contaminação de cursos de água, … (R3,R4,T4,T5).	química para posterior desenvolvimento no âmbito de trabalhos por projecto (R3,R4,SQ3). [M1-M4,M13,M14,CT1,CT3,CT6,CT7,CT8] (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T6.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações e de identificação e descrição de problemas, abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M15,CT2,CT3,CT6,CT7,CE2,CE3*,CE4*] (incluída na ficha teórico-prática nº1, anexo IX, sobre problemas ambientais em contextos CTS-A) *para conceitos que nem sempre são de química.	*Demográfico*, do filme *Educação Ambiental* da Universidade Aberta, que apresenta, descreve e interpreta várias problemáticas ambientais. (incluído na ficha de trabalho nº1, anexo VII)	tecnológicos e com modelos de desenvolvimento económico. **M13.** Assegurar que são formulados problemas no contexto do ambiente susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química, para posterior desenvolvimento no âmbito de trabalhos por projecto. **M14.** Apresentar e discutir um esquema aos estudantes, com o qual se pretende fazer um ponto da situação, destacando o papel da química enquanto área científica nas inter-relações CTS-A e salientando o papel da disciplina de Química, em particular os trabalhos por projecto e os trabalhos laboratoriais, na resolução de problemas. **M15.** Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações e de identificação e descrição de problemas.

Tabela 5.6 – Tabela de especificação da Situação Formativa α: Incursão ao *interior* da matéria (I).

Conhecimento prévio dos estudantes: concepções e/ou conhecimentos de natureza química dos estudantes sobre a natureza submicroscópica da matéria e sobre a relação desta com a propriedade macroscópica massa nas transformações físico-químicas.

Contexto A: Sistemas aquáticos do ponto de vista químico e ambiental.

Conhecimentos a ensinar: Propriedades macroscópicas da matéria e suas relações com a natureza submicroscópica da matéria. A lei da conservação da massa nas transformações físico-químicas.

Modelos a ensinar: Modelo atómico.

Conceitos a ensinar: Átomo. Propriedades macroscópicas e a natureza submicroscópica da matéria. Lei da conservação da massa e transformações químicas. Constituição do átomo. Os electrões como participantes nas transformações químicas. Notação científica. Algarismos significativos. Exactidão (rigor) e precisão. Erros sistemáticos e erros acidentais numa medição.

Competências a desenvolver:

CT3. Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.
CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).
CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE1. Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes.
CE3-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.
CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.
CE6. Estruturar relações entre conceitos de química.
CE7. Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.
CE8. Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro.
CE9. Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em química.
CE10. Efectuar operações laboratoriais essenciais.
CE11. Executar montagens laboratoriais em química com destreza e autonomia.
CE12. Trabalhar num laboratório de química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ5. Contextualização histórica da construção do conhecimento acerca da natureza da matéria, desde os filósofos gregos até à teoria atómica de Dalton, e contextualizaçã	**A executar em grupo, nas aulas:** **T1.** Solicitar aos estudantes a identificação e a descrição sucinta das várias etapas históricas fundamentais na evolução do conhecimento acerca da natureza da matéria, a partir da leitura de um texto (R6,SQ5). [M1-M4,M27,M28,CT3,CT6,CT8,CE1,CE3,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº3, anexo VII) **T2.** Solicitar aos estudantes a indicação, entre	**R6.** Texto *A Química é a ponte entre o mundo perceptível dos materiais e o mundo imaginário dos átomos* sobre a evolução do conhecimento acerca da natureza corpuscular da matéria numa perspectiva histórica.	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio (mas após leitura do texto dado) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos, à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar discussão em grande grupo.

o histórica da descoberta das partículas subatómicas (R6,T1,T2). **SQ6.** Pedaços de magnésio e sua combustão ao ar (ou eventualmente óxido de magnésio sólido e sua decomposição ao ar) (R7,T4,T5,T6).	outras, das partículas subatómicas responsáveis pela maior parte da massa dos átomos ou pelo comportamento químico das substâncias, após a leitura do texto dado (R6,SQ5). [M1-M4,M29,M30,CT3,CT8,CE4] (incluída na ficha de trabalho nº3, anexo VII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T3.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CE3,CE4] (incluída nas fichas teórico-práticas nºs 2 e 3, anexo IX, sobre átomos, moléculas e iões e sobre notação científica e algarismos significativos, respectivamente) **T4.** Dado o problema "Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio", propor aos estudantes a elaboração de procedimentos laboratoriais para resolver o problema inicial (fazendo referência ao material de laboratório e reagentes a utilizar e aos dados que é preciso recolher para fazer os cálculos necessários à determinação da fórmula empírica (R7-Parte I,SQ6). [M1-M3,M31,M32,M33,CT3,CT6,CT8,CE7,CE8,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº1, anexo VIII) **A executar em grupo, nas aulas em laboratório:** **T5.** Resolução, pelos estudantes, do problema proposto com execução de técnicas laboratoriais	(incluído na ficha de trabalho nº3, anexo VII) **R7.** Trabalho laboratorial nº1, *Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio*: <u>Parte I</u> – Texto com breve referência à aplicação e obtenção industrial do magnésio, a alguns impactes ambientais da exploração mineira em geral e considerações teóricas sobre fórmulas empíricas e moleculares, seu interesse e determinação laboratorial de fórmulas empíricas; Indicação da tarefa orientadora para os estudantes resolverem o problema inicial. <u>Parte II</u> – Procedimento laboratorial proposto pela professora para resolver o problema inicial, com a indicação do material e reagentes adequados e ainda com referência a procedimentos de	**M26.** Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações. **M27.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, acerca de algumas discussões filosóficas sobre a natureza da matéria até Lavoisier (o uso da balança permitiu-lhe associar números à matéria, determinando a massa das substâncias que reagiam entre si e verificando a conservação da massa nas transformações químicas) e posteriormente Dalton (na sua teoria atómica, a matéria consiste em átomos; nas transformações químicas os "átomos trocam simplesmente de companheiros", o que explica a conservação da massa). Clarificar a ligação entre estes conceitos e suas relações e a determinação laboratorial de fórmulas empíricas (a executar no trabalho laboratorial nº1, R7). **M28.** Assegurar que os estudantes identificam e descrevem as várias etapas históricas fundamentais na evolução do conhecimento acerca da natureza da matéria. Assegurar ainda que compreendem os conceitos de átomo e de massa e as suas relações numa transformação físico-química. **M29.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre os conceitos de electrão, protão, neutrão, nucleão, massa atómica, massa molecular, número de Avogadro, mole, massa molar. **M30.** Dar informações aos estudantes sobre como determinar fórmulas empíricas e moleculares a partir de dados obtidos laboratorialmente e sobre a técnica de cálculo das fórmulas empíricas. Dar ainda informações sobre erros sistemáticos e erros acidentais numa medição, a sua representação e a sua propagação (exactidão (rigor) e precisão, notação científica e algarismos significativos). Informar os estudantes sobre as regras de segurança e de socorro a sinistros em laboratórios de química. **M31.** Assegurar a compreensão do problema a resolver e das tarefas propostas. **M32.** Orientar a elaboração de *um* percurso para a resolução do problema proposto. **M33.** Orientar o estabelecimento da ligação entre o problema a resolver e o trabalho laboratorial. **M34.** Garantir que as técnicas laboratoriais são executadas correctamente e com as medidas de segurança adequadas. **M35.** Assegurar o registo adequado dos dados laboratoriais necessários.

	(pesar sólidos; provocar a combustão do magnésio ao ar) e registo dos dados laboratoriais no caderno de laboratório (R7-Parte II,SQ6). [M34,M35,M36,CT3,CT8,CE7,CE10,CE11,CE12] (incluída no trabalho laboratorial nº1, anexo VIII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T6.** Calcular, com os dados laboratoriais, a fórmula empírica do óxido de magnésio, apresentando-os no caderno de laboratório (R7-Parte III,SQ6). [M36,M26, CT8,CE4,CE6,CE7,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº1, anexo VIII) **T7.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CE3,CE4] (incluída na ficha teórico-prática nº4, anexo IX, sobre determinação de fórmulas empíricas e moleculares) **A executar em grupo, nas aulas:** **T8.** Solicitar aos estudantes que estabeleçam relações entre procedimentos e/ou pressupostos do trabalho laboratorial nº 1 e especulações ou teorias científicas expressas no texto dado na tarefa 1 (R6,R7,SQ5,SQ6). [M1-M4,M37,CT3,CT8,CE3,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº3, anexo VII)	segurança e de protecção ambiental. <u>Parte III</u> – Indicação do problema inicial a resolver. (incluído no anexo VIII)	**M36.** Orientar o estabelecimento das relações entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos. **M37.** Assegurar que os estudantes compreendem que a determinação laboratorial da fórmula empírica do óxido de magnésio se baseou na lei da conservação da massa e na teoria atómica de Dalton (subjacentes a qualquer outra transformação físico-química).

apresentar aos estudantes as situações químicas ou para facultar informações relevantes; as tarefas foram concebidas como via para a promoção (i) da mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes, (ii) da reestruturação dos conceitos mobilizados e das suas relações; (iii) da apropriação de novos conceitos; (iv) da reestruturação do campo conceptual em jogo; (v) da procura de novas informações, (vi) do delineamento da resolução de problemas e (vii) do desenvolvimento de outras competências e atitudes (para mais pormenores, ver secção 4.2.1. da descrição do desenho curricular da primeira fase do estudo). Houve outro tipo de TP que assumiu um lugar destacado, o trabalho laboratorial (TL).

As fichas de trabalho concebidas e respectivos recursos (anexo VII) foram, de uma forma geral, o resultado de uma completa reestruturação das da primeira fase do estudo (por exemplo, com a selecção de situações químicas mais recentes e respectiva adaptação dos recursos facultados, com a clarificação das tarefas, em termos de uma maior clareza dos textos com as informações e os conceitos apresentados e das próprias tarefas, com a reordenação das tarefas, …). Há, ainda, fichas de trabalho e alguns recursos totalmente novos (anexo VII).

• Os TL da primeira fase foram usados novamente nesta intervenção, embora com algumas correcções de pormenor e com alterações na ordem da sua apresentação aos estudantes. Foi elaborado um novo TL, TL4 (anexo VIII), que, no entanto, não é apresentado sob a forma de problema a resolver, mas recorre a tarefas do tipo Prever-Observar-Explicar. Foi ainda prevista a concepção de um novo TL, para ser integrado na SF D (TL6), mas tal não chegou a concretizar-se. Os TL continuaram a estar (i) integrados nas restantes aulas, com ligação a outras componentes do currículo, como por exemplo, a apresentação teórica pelo professor ou a execução do trabalho prático em grupo, e (ii) articulados com os conceitos previamente leccionados e permitindo estabelecer relações com outros conceitos ou situações a abordar e/ou a desenvolver posteriormente.

Recorde-se que os TL (excepto o TL4) foram sendo apresentados aos estudantes sob a forma de problema a resolver por estes. A primeira parte, a fornecer anteriormente à execução do trabalho, era constituída por um texto, com informações relevantes do ponto de vista ambiental e/ou químico e para a resolução do problema, e por tarefas orientadoras da resolução do problema inicial, concebidas de forma a promoverem o desenvolvimento das competências: C1 – *Compreensão do problema a resolver*, C2 – *Competências técnicas* e C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os*

conceitos teóricos. A segunda parte dos TL correspondia ao enunciado com o procedimento laboratorial, elaborado detalhada e cuidadosamente, de forma a poder ser executado com rigor pelos estudantes, mesmo aqueles que não tivessem conseguido delinear um processo de resolver o problema apresentado. A indicação do procedimento laboratorial pretendia funcionar como um reforço, correcção e/ou complemento do procedimento que se propôs que os estudantes delineassem anteriormente e, assim, promover o desenvolvimento das competências em jogo. A terceira e última parte dos TL foi simplificada relativamente à sua formulação para a intervenção de 2004/05. Assim, foi apenas solicitado aos estudantes a elaboração da resposta ao problema colocado, com o respectivo e necessário tratamento de resultados, retirando-se as tarefas que procuravam fazer uma extensão dos conhecimentos dos estudantes, de forma a não *distrair* os estudantes da sua missão: a da resolução do problema. Uma vez mais, pretendeu continuar-se a promover o desenvolvimento de competências, muito especialmente a C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*.

• Para além dos documentos já referidos ao longo desta secção, foram ainda disponibilizados aos estudantes as fichas teórico-práticas (anexo IX) e o dossier de apoio aos trabalhos laboratoriais, já elaborado para a primeira intervenção didáctica (ver secção 4.2.1.).

• Outro aspecto fundamental deste desenho curricular foi a integração do trabalho por projecto (TPP) como meio estruturante das várias SF e, simultaneamente, unificador do currículo. Este tipo de metodologia de trabalho seguiu os princípios de da resolução de problemas relacionados com problemáticas do âmbito do ambiente, em que a química fosse um recurso fundamental para a sua compreensão e desenvolvimento. A inclusão dos TPP, além das funções estruturante das SF e unificadora do currículo, teve ainda o objectivo de contribuir para o desenvolvimento das competências de alto nível, CT1 – *Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, a partir de situações químicas relevantes para a disciplina, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da Química*, CE8 – *Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro* e CE7 – *Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.*

Tal como previsto na SF inicial (ver tabela 5.5), foram os estudantes que seleccionaram os trabalhos por projecto, ou seja, que formularam os problemas a resolver, e a forma de apresentar a sua resposta (um produto - um folheto informativo, um *portfolio*, um site, um artigo no jornal, … - ou um serviço - uma campanha de sensibilização, …). Os estudantes trabalharam fora das aulas e em grupos de 3-4 elementos, no delineamento de estratégias de resolução dos problemas e no seu desenvolvimento. Mas houve pontos de contacto obrigatórios com a professora, nas aulas, nomeadamente para (i) uma apresentação intercalar dos TPP de cada grupo, à turma e à professora, de modo aos estudantes darem conta das suas actividades em curso e do estado do produto/serviço em elaboração, e para (ii) a apresentação final dos TPP, no fim do semestre, com recurso aos meios audiovisuais que entendessem. Salientou-se ainda a necessidade de outros pontos de contacto com a professora, fora das aulas, não obrigatórios mas vivamente recomendados, para que esta pudesse mediar o desenrolar destes trabalhos. No final do semestre, cada grupo elaborou um documento escrito com um pequeno relatório das actividades desenvolvidas e os fundamentos científicos do produto ou serviço.

• Já foi, por diversas vezes, dito que a avaliação é outra componente fundamental deste desenho curricular. Neste caso investigação-acção, tal como no caso da primeira fase, a avaliação foi pensada sob três ângulos: (i) a avaliação das aprendizagens dos estudantes, para efeitos da atribuição de uma nota final à disciplina; (ii) a avaliação das aprendizagens dos estudantes para efeitos de melhor implementar e gerir o desenho curricular e com isso melhorar as aprendizagens dos estudantes; (iii) a avaliação das aprendizagens dos estudantes, do desenho curricular e da sua implementação e gestão para efeitos investigativos.

Quanto à (i) *avaliação das aprendizagens dos estudantes, para efeitos da atribuição de uma nota final à disciplina*, esta seguiu essencialmente as orientações dadas na primeira fase do estudo, não havendo grandes alterações. Salientamos, no entanto, a contribuição dos TPP. Assim, na modalidade de avaliação periódica, a nota final à disciplina é obtida pelo seguinte algoritmo:

$$\text{Nota Final} = 0{,}40\ T + 0{,}25\ GP + 0{,}20\ C + 0{,}15\ OD,$$

em que os instrumentos de avaliação são (para mais pormenores, ver secções 4.2.2. e 5.3.2. dos instrumentos para recolha de dados):

– dois testes de avaliação, realizados individualmente, cuja média aritmética é calculada (T);

– a grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP), preenchida para cada TPP, realizado em grupo;

– o caderno de laboratório (C), elaborado individualmente;

– a observação directa (OD) com grelha de observação, feita individualmente aos estudantes.

Na modalidade de avaliação por exame final, a nota final à disciplina é obtida pelo algoritmo que resulta do anterior, em que a nota dos dois testes de avaliação (T) é substituída pela nota obtida no exame final (E).

Para mais pormenores sobre a avaliação, ver a secção 4.2.1., correspondente à descrição do desenho curricular da primeira fase do estudo, e o programa da disciplina elaborado para os estudantes do caso de 2006/07 (anexo X).

Quanto à (ii) *avaliação das aprendizagens dos estudantes para efeitos de melhor implementar e gerir o desenho curricular e com isso melhorar as aprendizagens dos estudantes*, esta teve a função de facultar à professora/investigadora elementos sobre o tipo e nível de conhecimentos dos estudantes ao longo dos processos de ensino e de aprendizagem, permitindo-lhe mediar as suas aprendizagens e gerir o ensino praticado. Tal como no caso investigação-acção de 2004/05, para esta função a professora/investigadora recorreu, de um modo sistemático, à OD dos TL e, ao longo das restantes aulas, às interacções com os estudantes, em particular durante os TP e os pontos de contacto para desenvolvimento dos TPP. A figura 4.8 da primeira fase do estudo é ilustrativa desta perspectiva da avaliação das aprendizagens dos estudantes: por um lado, permite o ajuste da mediação da professora, dando *feedback* dessas aprendizagens aos estudantes, reestruturando os conceitos mobilizados, as suas relações e o campo conceptual em jogo, ajudando na apropriação de novos conceitos, no delineamento da resolução de problemas, entre outros aspectos. Por outro lado, essa avaliação permitirá corrigir, adaptar e/ou alterar o próprio desenho curricular, ou seja, gerir o desenho curricular e a sua implementação ao longo do ensino. Para mais pormenores, ver secção 4.2.1. da descrição do desenho curricular da primeira fase do estudo.

Quanto à (iii) *avaliação das aprendizagens dos estudantes, do desenho curricular e da sua implementação e gestão para efeitos investigativos*, esta recorreu a diversos instrumentos que permitiram a recolha de dados com vista a responder às sub-questões de investigação, ou seja, dados relativos à qualidade das aprendizagens dos estudantes e a aspectos do desenho curricular, da sua implementação e gestão.

Nesta fase do estudo, foram usados os seguintes instrumentos de recolha de dados, de que daremos conta na secção seguinte (5.3.2. – Instrumentos para recolha de dados): Inquérito aos estudantes, Guião da entrevista ao colaborador, Observação directa com grelha de observação, Teste de competências em química, Grelha de avaliação do trabalho por projecto, Questionário aos estudantes acerca do ensino, da avaliação e do modo de estudar, Registos áudio, Testes de avaliação de conhecimentos, Cadernos de laboratório e Relatórios dos trabalhos por projecto.

5.3.2. Instrumentos para recolha de dados

Tal como explicámos na secção 4.2.1. da descrição do desenho curricular, a avaliação foi uma das componentes do desenho curricular a assumir um papel fundamental e que se destina a diversas finalidades. Assim, ela foi desenvolvida para avaliar as aprendizagens dos estudantes, o desenho curricular concebido, a sua implementação e a sua gestão. Alguns instrumentos concebidos para recolha de dados foram os já apresentados e descritos na secção 4.2.2. da primeira fase do estudo (é o caso do Inquérito aos estudantes e da Observação directa com grelha de observação). No entanto, houve outros especialmente elaborados para a segunda fase: o Guião da entrevista ao colaborador, o Teste de competências em química, a Grelha de avaliação do trabalho por projecto, o Questionário aos estudantes acerca do ensino, da avaliação e do modo de estudar, os Registos áudio e os Testes de avaliação de conhecimentos. Foram ainda recolhidos documentos elaborados pelos estudantes, concretamente os Cadernos de laboratório e os Relatórios dos trabalhos por projecto. Todos os instrumentos vão ser apresentados, mas apenas os concebidos para a segunda fase vão ser descritos em detalhe.

- Inquérito aos estudantes (IE)

Para caracterizar os estudantes no caso investigação-acção e no caso avaliativo foi usado o Inquérito aos estudantes (IE), instrumento concebido e usado na primeira fase do estudo (ver anexo V), ao qual se fez apenas algumas rectificações de linguagem. Recorde-se que este é um pequeno inquérito a administrar aos estudantes,

sobre as suas habilitações académicas na ocasião do seu ingresso no ensino superior (para mais detalhes ver secção 4.2.2.).

• Guião da entrevista ao colaborador

O instrumento Guião da entrevista ao colaborador (ver anexo XI) é uma adaptação do guião elaborado por Cravino (2004) e que foi concebido para orientar uma entrevista a vários regentes de disciplinas de várias universidades. No nosso caso, este guião foi usado para entrevistar a professora/colaboradora que participou no caso avaliativo de 2005/06. Esta entrevista permitiu recolher dados detalhados, por um lado, acerca das habilitações académicas e experiência profissional da professora/colaboradora e, por outro lado, acerca do modo como a disciplina do caso avaliativo foi leccionada ao longo do período em que esteve sob a sua responsabilidade, que intenções estiveram na base de cada modo de ensino usado, quais as razões e os momentos das eventuais alterações introduzidas, quais os efeitos notados nas aprendizagens dos estudantes, quais as reacções dos estudantes, e dos eventuais docentes envolvidos na disciplina, a essas alterações, entre muitos outros aspectos.

• Observação directa (OD) com grelha de observação

Uma vez mais, a Observação directa (OD) com grelha de observação foi o instrumento utilizado para recolher dados sobre as aprendizagens dos estudantes no que respeita aos trabalhos laboratoriais (TL). Recorde-se que este instrumento permite avaliar o desenvolvimento, em cada estudante, de três competências relacionadas com os TL (ver secção 4.2.1.):

C1 – *Compreensão do problema a resolver*;

C2 – *Competências técnicas*;

C3 – *Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos*.

As grelhas de observação usadas para cada trabalho laboratorial, nesta fase do estudo, foram as elaboradas na primeira fase às quais se fizeram alguns ajustes, como a clarificação de linguagem usada ou a redução e/ou a simplificação das próprias interpelações aos estudantes (ver anexo V). Novamente, às respostas foram atribuídos níveis de qualidade a que se fizeram corresponder os números: 1 – resposta com

qualidade de nível negativo; 2 – resposta com qualidade de nível suficiente; 3 – resposta com qualidade de nível bom ou muito bom.

• Teste de competências em química (TCQ)

Para a segunda fase do estudo, foi elaborado um novo teste de competências para avaliar o desenvolvimento de competências seleccionadas, desta vez, dos campos conceptuais Soluções aquosas, Modelo atómico, Reacções químicas, Modelo energético e Equilíbrio químico, para administrar em dois momentos distintos: antes e depois do ensino destes conteúdos. Este teste, designado por Teste de competências em química (TCQ), a administrar aos estudantes dos casos investigação-acção e avaliativo, foi concebido com 4 questões sobre conceitos e modelos teóricos fundamentais dos campos conceptuais acima referidos (ver anexo XI). Uma versão preliminar do teste foi submetida à análise de vários peritos (4) em didáctica das ciências físicas e de uma perita na área científica de química. Os seus comentários, sugestões e dúvidas foram devidamente ponderados e tidos em conta na reformulação do teste, tendo contribuído para a versão que foi administrada aos estudantes e que agora se apresenta. Portanto, consideramos que o TCQ foi devidamente validado.

As competências que se pretenderam avaliar e os conceitos e os modelos teóricos envolvidos nas respostas a cada tarefa do teste de competências são apresentados na tabela 5.7. Note-se que as competências a avaliar constam das enumeradas na tabela 5.4, e mantêm as respectivas designações simbólicas.

Por exemplo, a tarefa 2 (ver figura 5.3), correspondente à tarefa-tipo T3 *Perante a apresentação de um problema, solicitar a sua resolução com a explicitação do raciocínio, cálculos e aproximações a fazer*, pretende avaliar a competência CE7 – *Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.* A tarefa 3 (ver figura 5.3), correspondente à tarefa-tipo T4 *Dada uma situação química, discutir as condições de variação de uma propriedade da matéria (a temperatura) em termos da variação de duas grandezas termodinâmicas*, pretende avaliar as competências CE4 – *Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química* e CE5 – *Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas.*

Tabela 5.7 – Competências a avaliar, tarefas-tipo e conceitos e modelos teóricos envolvidos nas respostas a cada tarefa do teste de competências em química (TCQ).

Tarefa-tipo	Competências a avaliar	Conceitos mobilizáveis	Modelos teóricos mobilizáveis
T1. Dada uma situação química, relatar os fenómenos químicos que estão patentes na situação.	**CE1:** Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes.	Adubos; dissolução de adubos na água; solução aquosa; iões hidratados; nutrientes; eutrofização.	Soluções aquosas; Reacções químicas.
T2. Explicar, do ponto de vista químico, os fenómenos descritos, dada uma situação química, utilizando a maior profundidade possível na explicação.	**CE3:** Modelizar (Utilizar ou construir modelos de) situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações. **CE4:** Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química. **CE5:** Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas.	Compostos iónicos; soluto; solvente; dissolução; solução aquosa; iões hidratados; moléculas polares; forças intermoleculares; energia de rede; ligações de hidrogénio; forças ião-dipolo; variação de entalpia de dissolução; variação de entropia de dissolução; variação de energia livre de Gibbs de dissolução.	Soluções aquosas; Reacções químicas; Modelo atómico; Modelo energético.
T3. Perante a apresentação de um problema, solicitar a sua resolução com a explicitação do raciocínio, cálculos e aproximações a fazer.	**CE7**: Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.	Ácido; ionização; equilíbrio de ácido-base; constante de acidez; solução ácida; pH; escala de pH.	Soluções aquosas; Reacções químicas; Equilíbrio químico.
T4. Dada uma situação química, discutir as condições de variação de uma propriedade da matéria (a temperatura) em termos da variação de duas grandezas termodinâmicas.	**CE4:** Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química. **CE5:** Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas.	Reacção química; equilíbrio químico; variação de entalpia de uma reacção; calor de reacção; constante de equilíbrio; quociente de reacção.	Modelo energético; Reacções químicas; Equilíbrio químico.

2. Situação: Imagine que está constipado e que decide preparar uma bebida à base de vitamina C. No entanto, tem uma inflamação no esófago, o que o condiciona quanto aos alimentos que pode ingerir, não devendo o valor de pH daqueles ser inferior a 4.

Tarefa: Preveja o valor, ou gama de valores, de pH da bebida preparada, da forma mais precisa que lhe for possível, supondo que mistura 1,0 g de vitamina C em 100,0 mL de água. Será aconselhável tomar a bebida que preparou? Explicite o raciocínio e as aproximações que fizer.

3. Situação: Suponha que se colocaram, num recipiente fechado de 1,0 L, 1,0 moles de cada um dos gases A, B e C e que ocorre a transformação:

$$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$$

Tarefa Discuta, em termos de constante de equilíbrio e variação de entalpia, o que acontece ao valor da temperatura do recipiente, ao fim de algum tempo.

Figura 5.3 – Tarefas 2 e 4 do Teste de competências em química.

• Grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP)

Tal como explicámos na secção anterior, os trabalhos por projecto (TPP) foram desenvolvidos pelos estudantes, em grupo, a partir da formulação de um problema a resolver e da escolha de um produto ou serviço a elaborar, como resposta ao problema. Os TPP tiveram o objectivo de contribuir para o desenvolvimento das competências CT1 – *Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, a partir de situações químicas relevantes para a disciplina, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da Química*, CE8 – *Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro* e CE7 – *Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.*

Os TPP, como é óbvio pelo nível das competências que se pretenderam desenvolver (e que estão relacionadas com a natureza do próprio TPP), envolveram diversas tarefas, de natureza e complexidade diferentes, e que foram executadas maioritariamente fora das aulas. Para a avaliação dos TPP, solicitou-se aos estudantes uma apresentação oral do desenvolvimento dos seus projectos e respectivos produtos

ou serviços elaborados e a entrega de um relatório com as actividades desenvolvidas e os fundamentos científicos do produto ou serviço. A concepção da grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP) (ver tabela 5.8 e/ou anexo XI) surgiu da necessidade de operacionalizar a avaliação dos TPP, o que contemplou cinco dimensões do TPP, tendo cada uma diversos descritores aos quais se atribuíram níveis de qualidade entre 1 e 5. Os números 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem a níveis de qualidade todos positivos mas em diferentes graus: 1 – descritor com qualidade de nível suficiente; 2 – descritor com qualidade de nível razoável; 3 – descritor com qualidade de nível bom; 4 – descritor com qualidade de nível muito bom; 5 – descritor com qualidade de nível excelente.

Tabela 5.8 – Grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP)

Dimensões de avaliação	***Descritores***	***Nível de qualidade*** ***1 2 3 4 5***
Formulação do problema	• **A** Explicitação do contexto (científico, social, …) onde se insere o problema. • **B** Clareza da formulação do problema.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □
Processo de resolução	• **C** Qualidade dos recursos mobilizados para a resolução. • **D** Conhecimentos mobilizados para a resolução. • **E** Qualidade dos processos usados para chegar ao produto final.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
Funcionalidade	• **F** O produto final é uma resposta ao problema. • **G** O modelo teórico de base é correcto, adequado e está suficientemente desenvolvido. • **H** O produto final é funcional.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
Apresentação do produto	• **I** A qualidade do produto é patente. • **J** As indicações de uso são claras. • **L** A apresentação do produto é cuidada e adequada.	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
Comunicação	• **M** Clareza e riqueza da comunicação dos processos para se chegar ao "que se fez". • **N** Clareza e riqueza da comunicação do "que se fez".	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □

Como se pode verificar pela análise detalhada da GP, esta contém descritores do TPP que são avaliados por observação directa durante a apresentação oral e/ou por análise de conteúdos dos Relatórios dos trabalhos por projecto (outro instrumento de recolha de dados que foi elaborado e entregue pelos estudantes.

• Questionário aos estudantes acerca do ensino, da avaliação e do modo de estudar (QEAME)

O Questionário aos estudantes acerca do ensino, da avaliação e do modo de estudar (QEAME) (ver anexo XI) é um questionário destinado a ser preenchido pelos estudantes no final do semestre de aulas, sobre as suas percepções sobre o ensino, a avaliação e a sua aprendizagem e modo de estudar. As questões surgem após um cabeçalho onde se explica o propósito da administração do questionário e onde se pede que o estudante preencha alguns espaços com dados que permitem a sua caracterização, mas sem que o estudante se identifique. Este questionário corresponde a uma adaptação da primeira parte do questionário com o mesmo nome, desenvolvido por Cravino (2004).

Este questionário, com 29 questões, corresponde a uma adaptação de parte do *Course Experience Questionnaire* (CEQ) desenvolvido inicialmente por Ramsden (1991) e posteriormente por Wilson, Lizzio, & Ramsden (1997). O objectivo deste QEAME é avaliar as percepções dos estudantes acerca do ensino e da avaliação a que são submetidos na disciplina em causa. O questionário original (CEQ) está estruturado em cinco dimensões de análise, que traduzimos por:

– Bom ensino;

– Objectivos e normas claras;

– Quantidade de trabalho adequada;

– Avaliação adequada;

– Ênfase na independência do estudante.

Cada dimensão é avaliada com recurso a várias proposições (questões) sobre as quais os estudantes se pronunciam usando uma escala de pontuações de 1 a 5, onde 1 significa que *discorda completamente* e 5 que *concorda completamente*. Na

versão adaptada de Cravino (2004), definiram-se *a priori* seis dimensões de análise relativamente a esta sua primeira parte do QEAME, avaliadas por grupos reorganizados de questões:

– Esforços deliberados no sentido do bom ensino (questões 18, 20 e 26);

– Avaliação adequada (questões 7, 8, 12, 21, 22, 25 e 27);

– Organização e quantidade de trabalho (questões 4, 10, 14, e 29);

– Interacção (questões 3, 5, 15, 17, 23 e 24);

– Estímulo à independência do estudante (questões 2, 9, 11 e 16);

– Objectivos e normas claros e bem definidos (questões 1, 6, 13, 19 e 28).

Estas dimensões foram definidas com vista a serem mais coerentes com o quadro teórico relevante para a investigação feita pelo seu autor, o que facilita a análise dos resultados desta parte do questionário. No QEAME foi previamente explicitado aos estudantes o significado de cada pontuação a atribuir às questões, e não apenas dos seus valores mínimo e máximo, como no CEQ: 1 significa que *discorda completamente*, 2 significa que *tende a discordar*, 3 significa que *não se aplica ou não sabe responder*, 4 que *concorda, mas com reservas* e 5 que *concorda completamente*. Neste aspecto, tal como nas dimensões definidas, esta versão parece-nos mais vantajosa, pois assim há mais uniformidade de respostas em cada pontuação

• Registos áudio

Na segunda fase do estudo, a professora/investigadora optou por fazer registos áudio das aulas e das apresentações finais dos TPP. A importância destes registos para o desenvolvimento do seu trabalho de investigação foi explicada aos seus estudantes, que foram tranquilizados quanto à sua não utilização para fins avaliativos da disciplina. Por vezes, após terminar as aulas, este meio era ainda utilizado, mas não sistematicamente, para registar comentários, relatos e observações sobre aspectos relacionados com a aprendizagem dos estudantes e com o desenho curricular, a sua implementação e a sua gestão.

Com este instrumento, pretendeu-se captar o maior número e diversidade possível de informações sobre os processos de ensino e de aprendizagem, com a finalidade de poder responder às questões de investigação de uma forma mais rica. Embora as transcrições destas gravações não tenham sido feitas de forma sistemática, foram feitas algumas. Um exemplo destas transcrições é apresentado de seguida:

Cursos: Ecologia Aplicada
Disciplina: Química I
Tipo de aula: "prática" **Horário:** 3ª feira, 10H00 **Duração:** 2 horas
Data: 24.10.2006 **Nº alunos presentes:** 8
Ficha de trabalho nº 2**, Recurso** nº 5
Ficheiro áudio: DW_A00**93**.wav

1**0H20** A professora pediu a 2 alunos que se aproximassem dos restantes para estarem todos mais perto do retroprojector e da professora. Deu início à aula e situou os alunos na questão da aula anterior que tinha ficado por resolver completamente. Fez o ponto da situação relativamente ao tipo de respostas que os alunos tinham dado. Salientou que faltavam apontar exemplos de entidades com características submicroscópicas, exercício que tinha ficado para fazer em casa. Perguntou quem tinha feito em casa e constatou que todos tinham tido dúvidas. Houve uma aluna que recordou que na aula anterior a professora tinha dito que apenas o pH se relacionava com entidades submicroscópicas, os iões H^+. A professora recordou o que tinha sido respondido quanto aos critérios de poluição de águas e explicou novamente as noções de macroscópico e microscópico, características estas correspondentes às respostas dadas, faltando apontar critérios de natureza submicroscópica. Este conceito foi de novo explicado e a professora insistiu para que lhe fossem indicando entidades submicroscópicas. Houve quem indicasse o cloro, como exemplo, e outro aluno retorquiu que o cloro se via. A professora foi registando as respostas dos alunos no quadro, acrescentando que a discussão se faria após esse registo. Foram dadas respostas como "tudo o que está na tabela periódica" (houve alunos que manifestaram o seu desacordo), "metais pesados", "nitratos e fosfatos", (….)

Depois dos registos, a professora questionou o André se o cloro se via. Ele respondeu que não se vê mas cheira-se. Outra aluna disse que o cloro se vê na água e que é branco. A professa disse que a lixívia tem cloro e contrapôs pedindo para desenharem o cloro, pois se se vê!...Contrapôs dizendo que as algas vêem-se, logo têm um aspecto. Entretanto, uma aluna que ia abanando a cabeça a dizer que não se vê, disse que o cloro não se via porque é um ião. Outro disse que não, que é uma molécula. A profesora perguntou de que é feita a molécula e ele respondeu que era formado por dois iões Cl^-. A professora mostrou que então que a "molécula" seria Cl^{2-}.

• Testes de avaliação de conhecimentos

Foram elaborados testes para avaliar conhecimentos aprendidos e algumas competências desenvolvidas pelos estudantes. Tal como já foi explicado na secção 4.2.1., na Concepção da avaliação, da primeira fase do estudo, também na segunda fase houve duas modalidades de avaliação das aprendizagens dos estudantes. No caso da avaliação periódica, conceberam-se dois testes parciais, a administrar aos estudantes sensivelmente a meio e no final do semestre, que substituíram as duas tarefas de avaliação periódica (TA) e o teste final (T) da primeira fase (note-se que as tarefas de avaliação periódica foram executadas em grupos de dois elementos, mas estes testes parciais foram respondidos individualmente). Ou seja, simplificou-se a avaliação de conhecimentos por testes escritos, uma vez que se passou a integrar os TPP, portanto, o número e a ponderação para a nota final dos testes de avaliação diminuíram relativamente ao caso de 2004/05, aparecendo agora uma parcela correspondendo à GP (e cuja avaliação já foi descrita anteriormente). Para a avaliação por exame final, concebeu-se um teste apelidado de exame final (E), com a mesma ponderação que a soma aritmética dos dois testes parciais (T), pois também nesta modalidade os estudantes tiveram que executar o TPP.

Todos os testes de avaliação de conhecimentos foram elaborados para avaliar conhecimentos aprendidos e o desenvolvimento de algumas competências e basearam-se em exercícios de aplicação de conceitos e suas relações, e em questões de natureza mais complexa para avaliar o desenvolvimento das competências. No caso da avaliação periódica, procurou-se acentuar nos testes parciais o carácter de avaliação de competências, com a inclusão de mais questões do segundo tipo do que em correspondentes testes de 2004/05. O tempo de duração para a realização de cada teste parcial e final (ou exame) alterou-se em relação a 2004/05, isto é, 2h30m. Os testes de avaliação de conhecimentos para a segunda intervenção didáctica podem ser consultados no anexo XI.

• Cadernos de laboratório (C)

Os cadernos de laboratório consistem num documento onde são registados, pelos estudantes, as suas respostas às questões da primeira parte de cada TL, dados importantes recolhidos durante a execução dos TL (segunda parte dos TL) e,

finalmente, a resposta ao problema a resolver, com o respectivo tratamento dos dados, apresentação de resultados e a crítica aos mesmos (terceira parte dos TL).

- Relatórios dos trabalhos por projecto

Os relatórios dos trabalhos por projecto consistem num documento escrito, a ser elaborado e entregue por cada grupo de estudantes, com 8 a 10 páginas, onde constam um pequeno relatório das actividades desenvolvidas durante o projecto, ou seja, durante a resolução do problema formulado e a elaboração do produto ou serviço, e os fundamentos científicos do mesmo. Os dados obtidos com este instrumento não foram tratados de forma autónoma, mas integrados na Grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP), já descrito nesta secção.

5.4. ANÁLISE DO ENSINO

Já foi dito (secção 4.5.) que os resultados obtidos na primeira fase do trabalho não são suficientes para responder de forma completa a Q1 e a Q2, nem permitem responder a Q3. Assim, surgiu a necessidade de se conceber e implementar uma segunda intervenção didáctica, já descrita na secção 5.3.. Começamos por apresentar os objectos da análise do ensino, as dimensões de análise e as categorias segundo os quais essa análise será feita, estabelecendo as ligações existentes com os seleccionados na primeira fase (secção 5.4.1.). De seguida, descrevemos e analisamos alguns episódios de ensino, de acordo com os objectos, as dimensões e as categorias de análise seleccionados, em articulação com as questões de investigação (secção 5.4.2.).

5.4.1. Objectos, dimensões e categorias de análise do ensino

Para que seja possível complementar as respostas às questões de investigação Q1 e Q2 e responder à questão Q3, vamos apresentar os objectos, as suas dimensões e as categorias de análise, seleccionados de modo a permitir organizar, avaliar, interpretar e criticar os dados recolhidos e os resultados obtidos.

Para responder à questão Q1, relembramos o objecto e respectiva dimensão de análise e as categorias seleccionadas na primeira fase do estudo:

Questão Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*

Objecto de análise 1 – *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes*.

Dimensão de análise – *O desenho curricular*.

Categorias de análise – São várias, a saber:

- *Características da tarefa;*
- *Ensino que a tarefa proporciona;*
- *Aprendizagem que a tarefa proporciona;*
- *Sequência de apresentação das tarefas.*

Recorde-se que, na primeira fase do estudo, não analisámos a mediação planeada, pois esta componente do desenho curricular, de facto, não existiu. Para complementar a resposta a Q1 vamos fazê-lo na segunda fase, com a análise de outra categoria integrada na mesma dimensão e objectos anteriores:

- *Mediação planeada para usar durante a execução das tarefas*

Para analisar a categoria *Mediação planeada para usar durante a execução das tarefas*, vamos recorrer às tabelas de especificação das situações formativas (anexo VI) e analisar a mediação planeada usar nas tarefas para desenvolver as competências CE7 e CE8.

Para responder à questão Q2, relembramos o objecto e respectiva dimensão de análise e as categorias seleccionadas na primeira fase do estudo:

Questão Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*

Objecto de análise 2 – *As interacções entre a professora e os estudantes nos trabalhos práticos (TP), nos trabalhos laboratoriais (TL) e nas aulas de cariz expositivo.*

Dimensão de análise – *A mediação da professora*.

Categorias de análise – São várias, a saber:

- *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora;*
- *Explicitação das ligações entre conceitos;*
- *Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes.*

Para complementar a resposta a Q2 vamos fazê-lo na segunda fase, completando a análise à categoria *Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes,* da dimensão *A mediação da professora*, do objecto de análise 2, agora extensivo ao trabalho por projecto: ***As interacções entre a professora e os estudantes nos trabalhos práticos (TP), nos trabalhos laboratoriais (TL), no trabalho por projecto (TPP) e nas aulas de cariz expositivo***.

A categoria *Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes* diz respeito a um aspecto particular da mediação da professora perante as dificuldades dos estudantes na formulação de problemas e delineamento da sua resolução, para posterior desenvolvimento no âmbito de trabalhos por projecto (ver tarefa 5 da ficha de trabalho nº1 da situação formativa Inicial (ver tabela 5.5 ou anexo VI): *dar orientação* para que o estudante consiga executar, passo a passo, a sua tarefa (por exemplo, clarificando conceitos – o de problema a resolver, produto ou serviço a elaborar, etc; clarificando a própria tarefa; estabelecendo etapas da resolução da tarefa e/ou delimitando o âmbito das discussões) ou *conceder autonomia* para que o estudante prossiga no seu percurso de aprendizagem durante a execução da tarefa proposta ou da apresentação do seu trabalho (por exemplo, promovendo a discussão em grande grupo; dando tempo para que os estudantes, no seu grupo, se organizem,

dividam tarefas, troquem ideias, argumentam e contra-argumentem; pedindo a cada grupo um ponto da situação do trabalho em curso; perante dúvidas concretas dos estudantes sobre percursos de resolução do seu problema, não responder directamente mas contrapondo: "*porque não procuram ali? E se fossem falar com alguém de…*").

Para responder à questão Q3:

Questão Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*

vamos reanalisar os episódios descritos na primeira fase do estudo a propósito dos objectos, as dimensões e várias categorias de análise seleccionados, e fazer um confronto com três episódios da segunda fase (entretanto descritos e analisados para complementar a resposta a Q2). Este confronto vai ser feito entre as duas fases do estudo em aspectos para os quais tenhamos dados que nos permitam relacionar aspectos do ensino, que difiram nas duas fases, com aspectos da aprendizagem.

5.4.2. Análise do ensino

O ensino que a professora/investigadora praticou corresponde à implementação e gestão do desenho curricular reconstruído. O ensino implementado na primeira fase foi descrito em termos gerais na secção 4.3.2.. O ensino implementado segunda fase foi, naturalmente, diferente, não só pela natureza da concepção do próprio currículo como da mediação previamente planeada. No entanto, mantiveram-se os princípios e preocupações gerais da primeira fase, pelo que vamos passar directamente para a análise de episódios específicos do ensino.

Vamos agora apresentar a descrição e a análise do ensino para cada dimensão e categoria de análise em causa nesta fase do estudo.

5.4.2.1. Análise do ensino para complementar resposta a Q1

Para complementar a resposta à questão de investigação Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?* vamos completar a análise da dimensão *O desenho curricular* com a análise de uma categoria nova:

Dimensão de análise ***O desenho curricular*.**
Categoria ***Mediação planeada para usar durante a execução das tarefas.***

Para analisar a categoria *Mediação planeada para usar durante a execução das tarefas*, vamos recorrer às tabelas de especificação das situações formativas (anexo VI) e analisar a mediação planeada usar nas tarefas para desenvolver as competências CE7-*Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos* e CE8-*Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro*.

A tabela 5.9 ilustra os traços e o número de intervenções da mediação previstos usar para desenvolver as competências CE7 e CE8 com a execução de tarefas pelos estudantes ao longo dos trabalhos laboratoriais (TL).

Tabela 5.9 – Traços e número de intervenções da mediação previstos usar nas tarefas ao longo das situações formativas para desenvolver as competências CE7 e CE8:

CE7 – *Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos*

CE8 – *Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro*

Competência a desenvolver	Traços de mediação	Nº de intervenções previstas para cada traço de mediação*	Nº de intervenções previstas para cada competência*
CE7	M1	5	55
	M2	5	
	M3	5	
	M26	5	
	M31	5	
	M32	5	
	M33	5	
	M34	5	
	M35	5	
	M36	10	
CE8	M1	5	30
	M2	5	
	M3	5	
	M31	5	
	M32	5	
	M33	5	

* estes números não contabilizam as actividades desenvolvidas pelos estudantes, com ou sem a mediação da professora, no trabalho por projecto.

M1. Verificar que os estudantes entendem a tarefa.

M2. Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução.

M3. Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos, à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa.

M26. Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações.

M31. Assegurar a compreensão do problema a resolver e das tarefas propostas.

M32. Orientar a elaboração de *um* percurso para a resolução do problema proposto.

M33. Orientar o estabelecimento da ligação entre o problema a resolver e o trabalho laboratorial.

M34. Garantir que as técnicas laboratoriais são executadas correctamente e com as medidas de segurança adequadas

M35. Assegurar o registo adequado dos dados laboratoriais necessários.

M36. Orientar o estabelecimento das relações entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos.

Ao analisarmos os dados da tabela 5.9, verificamos ter existido a intenção de mediar o desenvolvimento das competências CE7 e CE8 através de uma grande variedade de traços de mediação, a exercer por variadas vezes. Tendo em conta que estamos a considerar os cinco TL a desenvolver sob a forma de resolução de problemas e estando prevista a integração da mediação em várias situações formativas ao longo do semestre, podemos afirmar que as intervenções da professora se previam sistemáticas e cirúrgicas (dada a natureza dessas intervenções).

Por outro lado, houve outra componente do currículo, o trabalho por projecto (integrado na situação formativa com o mesmo nome), que teve como principais preocupações o desenvolvimento, entre outras, das competências CE7 e CE8. Na medida em que só havia duas ocasiões previstas (obrigatórias) para o contacto entre a professora e os estudantes a este propósito, não podemos indicar o número de intervenções previstas para a mediação daquelas aprendizagens, mas os traços de mediação estavam bem claros na mente da professora:

M1. Verificar que os estudantes entendem a tarefa.

M2. Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução.

M3. Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos, à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa.

M17. Orientar os estudantes cirurgicamente no delineamento da resolução do problema por cada grupo (só para a CE8).

M18. Orientar os estudantes cirurgicamente na resolução do problema proposto por cada grupo.

Note-se que, relativamente à intervenção de 2004/05, embora já estivessem contemplados o desenvolvimento das competências referidas acima e a execução de vários TL para esse efeito, não estava previsto, inicialmente, fazer a abordagem aos TL na sala de aula, pelo que não estava prevista a existência de oportunidades para a mediação da professora (excepto em horário de atendimento). Recorde-se que um dos resultados da análise de episódios de ensino na primeira fase do estudo (ver secção 4.3.3, relativamente à análise da categoria *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*) foi, precisamente, a necessidade de abordar as dificuldades dos estudantes na sala de aula, evidenciadas fundamentalmente durante a execução dos TL. Apesar disto, sabemos que houve mediação efectiva durante a sua execução, mas, ou foi tardia, ou insuficiente, havendo ainda intervenções fora do âmbito conceptual ou de desenvolvimento de competências, como por exemplo, a resolução de alguns conflitos com os estudantes, negociação de alternativas, que dificultaram a obtenção de um ensino de qualidade em tempo útil.

Resultados da análise: A análise feita à categoria *Mediação planeada para usar durante a execução das tarefas* mostra que, pelo menos no que respeita às competências de alto nível CE7 e CE8, houve uma acentuada atenção dada ao tipo de intervenções da professora para promover o seu desenvolvimento evidenciada no número e variedade de intervenções mediadoras previstas. O impacto deste aspecto do desenho curricular na aprendizagem dos estudantes é assinalável como será discutido na secção 5.5.4..

5.4.2.2. Análise do ensino para complementar resposta a Q2

Para complementar a resposta à questão de investigação Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover*

aprendizagens de qualidade?, vamos completar a análise da dimensão e da categoria seguintes:

Dimensão de análise ***A mediação da professora*.**
Categoria ***Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes.***

Critério de selecção dos episódios: Os episódios de ensino que vão ser descritos e analisados nesta categoria foram seleccionados: em primeiro lugar, tendo em conta a existência ou não de dados sobre a aprendizagem dos estudantes, para que seja possível responder à questão de investigação Q2; em segundo lugar, tendo em conta os episódios necessários e suficientes que permitam relacionar a mediação da professora no que se refere a este aspecto particular de dar orientação versus conceder autonomia no trabalho dos estudantes com a qualidade das suas aprendizagens.

Padrão da análise: Vamos apresentar sequencialmente os episódios relevantes, fazendo a sua descrição e a sua análise, em termos da categoria referida acima. No final, apresentam-se os resultados da análise global desta categoria.

Descrição do Episódio 9: Este episódio de ensino passou-se numa aula (a 17 de Outubro) que decorreu durante a situação formativa Inicial (ver tabela 5.5 ou anexo VI), a propósito da execução da tarefa 5 da ficha de trabalho nº1 (anexo VII). Nesta tarefa propôs-se aos estudantes a "*formulação de problemas no contexto do ambiente susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química para posterior desenvolvimento no âmbito de trabalhos por projecto*" (TPP).

Na aula, a professora começou por recordar a tarefa 4 da mesma ficha de trabalho, já executada, cujo propósito era a identificação de problemas ambientais à escala global, regional e/ou local a partir da leitura de um texto e do visionamento de um filme. Então, pediu a dois estudantes que fizessem uma apresentação à turma das respostas dadas pelos seus grupos a essa tarefa, relembrando antes o que tinham de ter em conta: "*… enunciar problemas ambientais, descrevê-los, concretizar contextos (situações, locais,..) levantar dúvidas em relação aos problemas; pensem na química como ciência, nos modelos de desenvolvimento económico que já leram do texto dado,*

em avanços científicos e/ou tecnológicos". Uma estudante (de um grupo, que passamos a designar por **A**) começou, socorrendo-se dos seus apontamentos: "*nós começámos por identificar o problema da água potável que é um recurso natural limitado. Água há muita, potável é que é limitada*". A professora contrapôs para a turma: "*reconhecem que é isto é um problema ambiental já identificado? Não há dúvidas, pois não?*". A estudante continuou "*depois há a educação cívica, que também é um problema social, depois há a «estrutura» competitiva da sociedade. Os adubos que são usados na agricultura, em excesso, vão contaminar as águas, há também poluentes que vão para o ar, enfim, é o ciclo da água que está contaminado…*" … A professora teve de interromper, para perceber se a estudante estava a enumerar outros problemas ou se estava a descrever o primeiro problema que enunciou. Ao que a estudante respondeu "*está tudo ligado, ao fim e ao cabo; a sociedade tem a sua responsabilidade, na forma como usa a água, …*" *"Portanto",* continuou a professora, "*está a descrever o problema, não é? Está a descrever o contexto e está a relacionar outros aspectos com o problema que identificou, não é? Estão a perceber o ponto de vista da vossa colega?",* dirigindo-se agora à restante turma. A estudante continuou "*e agora a química aqui está para tratar os resíduos de uma forma … menos má, não é?*" (risos).

De seguida, a palavra passou para um estudante de outro grupo, que referiu o "*problema das tinturarias*". À medida que este estudante ia desenvolvendo o tema, a turma em geral foi-se envolvendo na discussão, partilhando ou contrapondo pontos de vista: "*há emissões poluentes para a atmosfera"; "fazem-se descargas com químicos para os rios", "mas essas descargas são tratadas", "então porque é que se fazem maioritariamente de noite ou em dias de chuva?", "mas isso é ilegal", "há contaminação do ciclo da água", "há populações de peixes que já se habituaram a viver em águas quentes devido às descargas que as fábricas fazem para os rios", "mas terá havido outros que morreram, sem se adaptarem", "criam-se desequilíbrios nos ecossistemas*", (…). A professora reforçou que os estudantes tinham descrito muito bem os problemas, identificando-os, descrevendo os contextos e algumas formas específicas de produzir os efeitos poluentes e referindo as consequências na saúde, no ambiente, fazendo associações do tipo CTS-A.

Entretanto, a professora dirigiu os estudantes para a tarefa 5, da formulação de problemas, e esclareceu que *"formular um problema é equacionar, enunciar um problema ao qual vocês, a sociedade ou parte dela*; *querem dar respostas, encontrar*

soluções ou formas de o minimizar". Os estudantes começaram então a trabalhar em grupo, mas ainda animados com as discussões anteriores. A professora resolveu lembrar que já podiam ir pensando em formular problemas para depois seleccionarem um que quisessem desenvolver nos seus TPP. E foi esclarecendo que era preciso delimitar o problema, clarificando a sua relevância, definindo o que se quer saber, definindo contextos, o público-alvo, a forma de apresentar os resultados do projecto,...

A partir dessa altura, os estudantes animaram-se no seu trabalho em grupo, mas desta vez dirigindo as suas discussões para o respectivo TPP em génese. A professora deu algum tempo para que o trabalho se desenvolvesse autonomamente em cada grupo e, como os estudantes nada perguntavam à professora, ela resolveu indagá-los sobre o decorrer dos trabalhos. Nessa altura, a professora apercebeu-se que os seus estudantes estavam já a definir o tema, o que queriam saber, a distribuir tarefas no grupo, a decidir aonde se deviam dirigir, com quem deviam falar, onde poderiam obter respostas a nível de conceitos e processos, … À pergunta de qual era o problema que tinham formulado, em muitos casos os estudantes respondiam que queriam saber tudo sobre "*este problema*", enumerando as seus múltiplos objectivos. Aqui a professora sentiu a necessidade de os forçar a pôr limites nos seus contextos, objectivos, conceitos e processos a referir, …, insistindo para que formulassem o seu problema a resolver e seleccionassem vários sub-problemas sob a forma de questões. Outros estudantes (do grupo **A**) perguntaram à professora "*aonde é que Vila Real faz o tratamento dos seus resíduos sólidos urbanos?*" Ao que a professora retorquiu que essa era "*uma boa questão a dar resposta no seu TPP*", que eram essas dúvidas e outras relacionadas que poderiam constituir o ponto de partida para o desenvolvimento do seu TPP.

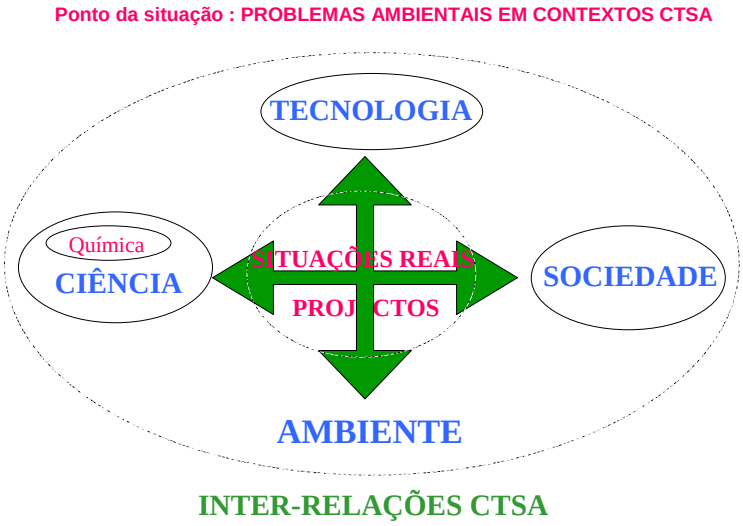
Um pouco mais tarde, dirigindo-se a outro grupo (**B**): "*E vocês, já têm alguma ideia do que vão trabalhar?*" "*Nós estamos a pensar trabalhar sobre a água potável e estudar a água que é fornecida em Vila Real: donde vem, que tratamentos sofre, a qualidade que tem desde a nascente até às nossas torneiras, o que altera as características dela (nomeadamente, quimicamente)*". A professora recomendou que, antes de mais, era útil que formulassem o problema sob a forma de questão, "*que é uma forma de clarificar o que querem saber*", definindo as várias sub-questões. Os elementos deste grupo pensaram em fazer folhetos para distribuir a informação, ao que a professora disse para pensarem sobre o impacto dessa intervenção, falou da necessidade de reformulação do problema consoante os caminhos e dificuldades que

fossem percorrendo ou encontrando, deu importância ao delineamento prévio da resolução do problema, entre muitos outros aspectos.

A professora regressou, entretanto, aos elementos do grupo **A**, que, quando questionados, começaram a apresentar as suas ideias: "*o nosso tema vai ser os tratamentos de resíduos sólidos, que é um problema a nível global e a nível local. Vamos começar por mostrar imagens do planeta, depois uma paisagem verdejante e, depois, numa sociedade consumista, (…) aparece uma lixeira (…) e vamos explicar todos os processos de tratamento de resíduos urbanos …"* A professora interrompeu ao fim de algum tempo para dizer que estavam a misturar informação sobre a forma de apresentar o produto com informações relacionadas com o próprio projecto, e que tinham de "*separar as questões a responder do produto e da forma como vão apresentar o produto*".

Mais tarde, voltou ao grupo **B**: "*posso interromper? Em que ponto é que estão?*' "*estamos a definir o que nós temos de fazer*". E continuou: "*então, façam-me um resumo do que já fizeram em termos do vosso TPP*'. Retorquiram: "*Já fizemos a pergunta*'. *"E qual é?"* "*Como funciona o ciclo de consumo da água potável em vila real?"* A professora reflectiu sobre a expressão *ciclo de consumo* e tentou obter junto dos estudantes esclarecimentos quanto àquela expressão e referiu a necessidade de a clarificarem (o conceito e a sua forma escrita). Então, os estudantes resolveram retirar a expressão *de consumo*, de modo a que a sua pergunta incluísse na resposta a captação, o tratamento, a distribuição da água, etc., até chegar ao consumidor. Um elemento do grupo continuou dizendo que já tinham definido onde tinham de ir: tinham de ir à ETA da EMAR de Vila Real, já tinham também várias perguntas a fazer lá: "*queremos ver os projectos para saber por onde passam as canalizações, para fazermos uma maqueta da ETA, de que são feitos os canos, se prevêem que o recurso se vai esgotar e em quanto tempo, que tipo de produtos têm para tratar a água, …*" A professora comentou "*eu acho a ideia muito importante e muito interessante, mas parece-me grande para o tempo que têm disponível. Mas podem explorar inicialmente estas ideias todas, ver onde têm respostas em tempo útil, e verem o que tem mais hipóteses de ser feito*". Esclareceu ainda o que tinha de ser posto no relatório (o percurso da resolução do problemas, com as diligências tomadas, as dificuldades encontradas, …), que o que tinham de apresentar era o produto, chamou a atenção da necessidade de seleccionar a informação a apresentar no final e no relatório escrito, …

Entretanto, como se aproximava o final da aula, a professora decidiu interromper o trabalho dos estudantes, captando a sua atenção para o que ia falar. A professora apresentou então um acetato e passou a explicá-lo: "*nós estamos a fazer o*



ponto da situação após a unidade Inicial, A Química, o Homem e a Terra, relacionada com Problemas ambientais em contextos CTSA. Reparem como temos aqui uma grande circunferência a picotado; não está bem definida porque diz respeito ao ambiente, onde não há uma fronteira bem definida. Esta seta que aponta em várias direcções pretende representar as inter-relações CTSA, mas como o ambiente inclui a sociedade, a ciência e a tecnologia (e recordou as componentes do ambiente: sociais, físico-químicas, biológicas, …), por isso é que o ambiente está sem linha a circundá-la (notou que as linhas a cheio também deveriam estar a picotado). Reparem que temos nesta unidade estado a tratar de problemas ambientais, falámos da ciência e demos destaque à química (embora a ciência também tenha outras áreas do conhecimento), e das suas relações com a tecnologia e a sociedade. No centro, reparem noutra linha ponteada: temos as situações reais que temos sempre relacionado com os problemas ambientais, e dessas situações reais (vocês) vão passar para os TPP. Reparem como o vosso TPP vai estar relacionado com a química, com outras áreas do conhecimento, provavelmente, com o ambiente, a sociedade e com a tecnologia. Todo o nosso trabalho, daqui para a frente, vai partir de situações reais que envolvem A, T, S e que se vão relacionar com a química e este vai ser o enquadramento da disciplina da química e a lógica do nosso trabalho visto de uma forma global. Assim, o ensino da

química vai ser mais útil na medida em que a química (ciência) vos pode ser útil em termos académicos, profissionais e/ou pessoais".

E assim, deu por terminada a unidade didáctica Inicial *A Química, o Homem e a Terra*, mas clarificando que naquela aula e anterior(es) se tinha dado início a uma unidade didáctica que iria decorrer paralelamente às aulas e ao longo do semestre, e que correspondia ao desenvolvimento dos TPP.

Análise do Episódio 9: Antes de passar à tarefa da formulação de problemas, a professora quis que a tarefa da identificação de problemas ambientais fosse partilhada na turma e que fosse bem explorada pelos estudantes, de modo a que as vivências pessoais e os seus conhecimentos prévios acerca de uma série de problemas ambientais fossem mobilizados e que, com a troca de impressões entre os estudantes, mas supervisionada pela professora, eles conseguissem integrar relações do tipo CTS-A. Na primeira etapa da aula, que ficou marcada por uma troca de intervenções entre a professora e uma estudante (do grupo **A**), mas dirigindo-se à turma, seguiu um rumo *imposto* pela professora, como forma de dirigir as ideias dos estudantes segundo um fio condutor. Ou seja, houve interacções com orientação dada. Quando a discussão se alargou à turma, a professora permitiu que os estudantes explorassem várias perspectivas dos problemas, tendo havido uma grande riqueza de pontos de vista, embora havido também muita dispersão de ideias. Nesta altura, a dimensão dos problemas abordados, que estava a tomar as proporções de uma problemática ambiental à escala global, tornou-se vantajosa tendo proporcionado um ambiente de aprendizagem em contextos CTS-A e por isso, de desenvolvimento de várias competências (por exemplo, CT6-I*dentificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A)*, CT7-*Reconhecer a multidisciplinaridade dos problemas e* CT8-*Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar*). Esta segunda fase, de discussão em grande grupo, foi marcada pelo *deixar fluir* as ideias e intervenções dos estudantes, ou seja, foi-lhes dado espaço para que, autonomamente, explorassem os temas em debate. Entretanto, era importante passar para a tarefa 5, da formulação de problemas, pelo que a professora resolveu direccionar os estudantes para essa tarefa. Quando a professora lembrou que os problemas que formulassem seriam depois alvo de uma selecção para constituírem o seu TPP, os estudantes mobilizaram-se com muito mais entusiasmo na execução da

sua tarefa, tendo mesmo ultrapassado o que se esperava naquela fase da aprendizagem: seleccionaram alguns *problemas* e começaram a delinear as possibilidades da sua resolução, vendo vantagens, desvantagens, dificuldades, interesses pessoais, …Ou seja, ingressaram no desenvolvimento das competências CE8-*Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro* e CE7-*Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos* (embora, na maioria dos casos, sem terem formulado o problema a resolver de forma adequada, nem definido a relevância de encontrarem respostas para ele, ou seja, deixando em segundo plano a competência CT1-*Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química*).

Resultados da análise: A análise do episódio 9 permite-nos constatar que a alternância de orientação dada/autonomia concedida durante a execução de tarefas de trabalhos laboratoriais parece resultar em aprendizagens ao nível de competências relacionadas com a resolução de problemas.

Descrição do Episódio 10: Este episódio passou-se ao longo de várias aulas, combinadas para horários extra, entre a professora e os grupos que iam fazer as apresentações intercalares dos seus TPP (sensivelmente após ter decorrido 2/3 do semestre). A maioria apresentou no dia 6 de Dezembro. Assim, vamos apresentar alguns excertos de algumas apresentações preliminares dos TPP (grupos A, B e C).

A professora marcou horários extra para ouvir os estudantes nas apresentações preliminares dos TPP, disponibilizando o tempo necessário a cada grupo para o esclarecimento das dúvidas que tivessem. Solicitou ainda a presença dos restantes colegas para assistirem às apresentações dos outros. Por isso, em média, esteve cerca de uma hora com cada grupo, tempo para a apresentação e discussões sobre o respectivo trabalho.

Neste(s) dia(s) das apresentações preliminares, a professora deu toda a liberdade aos estudantes para apresentarem o trabalho já desenvolvido, tentando criar um espaço de diálogo informal, salientando que eles não iam ser *classificados* por

aquela prestação, mas que o seu trabalho ia ser apreciado, *avaliado*, para que a discussão com a professora os ajudasse a melhorar o seu trabalho.

***Grupo A**:*

"*Nós vamos apresentar um trabalho sobre resíduos sólidos para a população em geral, de uma forma global, depois vamos apreciar a parte da química nos aspectos positivos e nos negativos … temos uma introdução, a expansão da humanidade desde a ultima glaciação, vamos falar do papel do homem, que tratámos muito aqui, da responsabilidade do homem na sociedade e no Planeta, …*" Estes estudantes desenvolveram inter-relações CTS-A, até chegarem a um tópico sobre o homem e os resíduos, e depois até chegarem à química; fizeram uma apresentação da introdução muito longa e geral sobre estas interacções, mas pouco ou nada dirigida ao projecto particular. Apresentaram o papel da química de uma forma negativa e também de uma forma positiva, os tratamentos dos resíduos sólidos, etc, discurso sempre acompanhado com muitas informações gerais sobre o problema global, mas nada dirigido especialmente ao seu TPP.

A professora comentou, entre outros aspectos, que "*foi interessante a discussão que fizeram em termos de inter-relações CTS-A, mas que o TPP é diferente de um trabalho de síntese, de pesquisa bibliográfica*" e reforçou a necessidade de clarificarem, tanto em termos da apresentação como, e especialmente, do próprio projecto, o problema a resolver, a selecção do público-alvo, o serviço/produto/intervenção a produzirem com o projecto, enfatizou a necessidade e vantagem de porem o título do TPP sob a forma de questão, de definirem sub-questões, aconselhou-os a restringirem a quantidade das informações fornecidas, tanto para a introdução como para o desenvolvimento do projecto.

Grupo B:

"*O nosso trabalho vai consistir… vai ser sobre a água pura, a água potável…vai ser uma maqueta que mostra a água desde a barragem até chegar às habitações. Pelo meio, vamos fazer os processos para que a água fique potável, dizer que tipo de tratamentos é feito à água. Temos aqui alguns ficheiros que já tirámos: introdução sobre os tratamentos da água, desinfecção, filtração, a decantação, (...) e sobre a distribuição*". Outro elemento do grupo continuou: "*Nós vamos fazer uma maqueta de uma ETA ao pormenor, a ETA da EMAR de Vila Real, onde explicamos todos os locais e passos por que passa a água, de modo a que se fique com um conhecimento do processo global, do que lá é feito, … Já temos informações sobre a*

quantidade de água tratada por dia, queremos fazer um site com esta informação e para o publicitarmos vamos fazer um flyer; vamos fazer uma entrevista à directora da ETA com perguntas que não conseguimos esclarecer com as pesquisas já feitas". Estes estudantes já tinham ideias e recursos concretos sobre como estruturar todas as informações recolhidas e a recolher, como construir e usar a maqueta, onde incorporar fotografias da ETA do Sordo e muitas outras ideias.

Grupo C:

Um elemento do grupo começou por dizer que o trabalho deles "*consiste na elaboração do site e esse site vai abordar o tema das Fito-ETARs em que vamos falar sobre a sua importância, o que são, a sua distribuição em Portugal, as suas vantagens e desvantagens, entre outras coisas. Hoje vamos explicar o que são, o porquê, a identificação e descrição dos processos físicos, químicos e biológicos…*" Os outros colegas do grupo foram completando as informações da colega, com um discurso do tipo transmissivo e apresentando alguma discussão sobre o tema em resultado de dúvidas da professora. A professora comentou o tipo de apresentação, aconselhando-os a terem mais ritmo no discurso, a simplificarem a linguagem específica usada, a pensarem no público-alvo que iria ouvir a sua apresentação. Este grupo não apresentou o seu trabalho em termos de problema a resolver, mas sob a forma de um tema a desenvolver, pretendendo explicar a sua relevância ambiental e os processo envolvidos (químicos e não só) e partilhar as informações agora transmitidas através de um site a construir.

Análise do Episódio 10: Desde o dia em que ocorreu o episódio 9, que os estudantes não recorreram mais à professora a propósito dos seus TPP, à excepção de algumas vezes no final das aulas, mas por períodos muito curtos. Portanto, os estudantes tiveram cerca de aproximadamente sete semanas para darem os primeiros passos no desenvolvimento dos seus TPP. Gozaram, portanto, de toda a autonomia nesse período para gerirem a informação/orientação recebida anteriormente, em particular no dia do episódio 9. No(s) dia(s) das apresentações preliminares, os estudantes fizeram as suas intervenções como entenderam. Em princípio, a professora não iria interromper o discurso dos estudantes, mas acabou por fazê-lo sempre que julgou oportuno, para permitir que os seus esclarecimentos os conduzissem a uma correcção imediata, como por exemplo, a fluência, o fio condutor, o tom de voz, bem

como sobre outros aspectos como a organização da sua apresentação ou a profundidade da mesma.

Sempre que se proporcionou, a professora voltou a salientar a necessidade de clarificarem o problema a resolver, fazendo-o sob a forma de questão, e de delimitarem o problema, dividindo-o em sub-questões, para que o desenvolvimento do projecto e as suas respostas fossem mais dirigidas ao realmente pretendido. Foi dando exemplos ou sugestões nesse sentido a propósito de cada apresentação, ou no final de todas as apresentações, para que essa orientação fosse mais clara e útil. Notou que, quem trazia do 1º dia (episódio 9), questões mais gerais (ou, em vez disso, temas), continuava perdido em muita informação (caso do grupo **A**); quem já tinha ideias mais definidas e delimitadas, já trazia o trabalho mais organizado e dirigido (caso do grupo **C**); os que inicialmente tiveram mais facilidade em formular o problema correctamente, dispersaram-se menos no seu trabalho e desenvolveram-no mais sob a forma de problema a resolver do que sob a forma de trabalho de síntese (grupo **B**, por exemplo). Notou-se, pois, uma diferença entre alguns grupos relativamente ao desenvolvimento da competência CE8-*Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro*, tendo já dado alguns resultados em relação ao desenvolvimento da CE7-*Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos*. Nem sempre o problema a resolver estava formulado de forma adequada.

Resultados da análise:

Após um período de orientação muito dirigida pela professora (episódio 9), seguido de outro de autonomia concedida e usada pelos estudantes, a professora voltou a sentir necessidade de reforçar, corrigir, esclarecer a grande parte dos aspectos relevantes para o TPP, antes de os deixar prosseguir, de novo, num espaço de grande autonomia para o desenvolvimento dos seus trabalhos.

Descrição do Episódio 11: Este episódio passou-se numa aula que decorreu durante a execução da tarefa 6 da situação formativa Projecto (ver anexo VI), no final do semestre, a propósito da apresentação final dos TPP. Nesta tarefa os estudantes tinham de "*Apresentar aos colegas e à professora o projecto desenvolvido e o produto e/ou serviço produzido no final do semestre.*"

Apresentamos, a título ilustrativo, pequenos excertos de algumas apresentações finais dos TPP.

Grupo A: Um dos elementos de um grupo começou a sua apresentação, fazendo algumas considerações acerca do seu TPP, em relação ao seu percurso e ao produto que elaboraram. Disse que era uma "*apresentação sobre educação ambiental para poder ser utilizada com estudantes do secundário ou em entidades gestoras que facultem esta apresentação às escolas*", embora referindo que não definiram um público-alvo em concreto. A apresentação do TPP foi feita sob a forma de título, que remetia para um tema (*O cidadão e os resíduos sólidos urbanos*), e não de um problema a resolver, mas explicaram que o objectivo era que essa apresentação tivesse alguma utilidade em termos de educação ambiental. Apesar de o problema não estar bem definido em termos de formulação, compreendeu-se o contexto em que o produto era produzido e as linhas condutoras do seu desenvolvimento.

Grupo B: Outro grupo começou a sua apresentação: "*O nosso trabalho consistiu em saber se a água que chega aos consumidores de Vila Real chega num estado potável, ou seja, que dá para consumir, ou se a água não está em bom estado, não é potável e têm de ser mudados os químicos introduzidos no tratamento dessa água. Nós então decidimos fazer sobre a ETA do Sordo, que é a ETA que fornece a água de Vila Real e de Santa Marta. Para que o trabalho estivesse delimitado decidimos fazer duas perguntas:*

- Será que os habitantes de Vila Real têm conhecimento da qualidade e características da água que chega às suas casas para ser consumida?

- Ou sabem quais os tratamentos a que a água está sujeita para que lhe possam dar o devido uso?

Grupo C: Este grupo apenas apresentou o produto, ou seja, o site que construiu, mostrando o seu funcionamento com toda a informação lá inserida sobre as Fito-ETARs. Foi uma demonstração técnica, mais do que conceptual.

Análise do Episódio 11: Da análise das apresentações dos TPP (de que os excertos descritos são apenas alguns pequenos exemplos) e dos relatórios escritos entregues pelos estudantes, podemos constatar que na maioria das vezes o problema a resolver não foi apresentado sob a forma de problema/questão. Nem todos os grupos começaram por aqui, pois houve outros que colocaram a delimitação do problema já a meio da sua apresentação oral, depois de uma introdução mais geral

acerca do *tema*. No entanto, a larga maioria alinhou o trabalho desenvolvido para a produção do produto ou serviço, de acordo com os propósitos que definiram *a priori*, tanto em termos de público-alvo a atingir, intenções com que o produto foi elaborado ou questões a responder. De uma forma geral, e que consideramos importante, os estudantes foram autónomos no delineamento do seu TPP, foram originais e não houve temas ou produtos repetidos em sete grupos. A maioria procurou encontrar os conceitos e/ou processos químicos envolvidos no problema em causa, mas foi aqui que eles terão sentido mais dificuldades, aliás, notado pela ambiguidade de frases, de significado de conceitos, etc. e entretanto reflectido nos descritores C, D e E do *Processo de resolução* e descritor G da *Funcionalidade* da grelha de avaliação dos trabalhos por projecto (GP) (ver dados de aprendizagem na secção 5.5.3.). A avaliação da formulação do problema não foi feita só pela forma escrita ou oral da mesma, mas avaliada pela orientação e qualidade que deram ao desenvolvimento do seu TPP a partir das suas *condições iniciais*. Ou seja, não valorizámos tanto o aspecto sintáctico (embora importante), mas sim se as ideias/objectivos/questões centrais estavam claros e o respectivo TPP desenvolvido de acordo com esses pontos de partida.

Não pudemos dizer que os TPP tiveram resultados óptimos nas suas avaliações (ver resultados da GP na secção 5.5.3.), mas relembremos que se tratam de estudantes no seu 1º semestre no ensino superior e pouco ou nada habituados e desenvolver este tipo de metodologia de trabalho, pelo menos em disciplinas de ciências de carácter obrigatório e com um programa a cumprir (como é o caso da maioria das disciplinas do secundário, exceptuando a área de projecto, …). Por outro lado, os estudantes já trazem hábitos do ensino secundário, de desenvolvimento de temas a partir de pesquisas gerais (regra geral na *Internet*) sobre os assuntos, mas não a partir de um problema específico a resolver, contextualizado numa situação concreta. As suas experiências prévias poderão tê-los condicionado a fazerem o que já sabiam fazer, ou seja, desenvolverem trabalhos de pesquisa, mais do que de resolução de problemas. No entanto, esse percurso de resolução de problemas também foi tomado pelos estudantes. Por outro lado, trabalhar de forma nova pela primeira vez exige sempre uma aprendizagem, tanto mais longa e complexa, quanto mais difíceis forem os conhecimentos a aprender e as competências a desenvolver.

Resultados da análise: Da análise do episódio 11 podemos verificar que o trabalho desenvolvido pelos estudantes teve um cariz diferente de uma pesquisa

bibliográfica exclusiva, apresentando as características básicas de um TPP, embora com uma qualidade ainda baixa. Pensamos que esta última vertente do TPP se deve ao esforço dos estudantes, com o auxílio da professora, em tentar formular o problema sob a forma de questões, em delimitar as questões a responder e os contextos a abordar, em definir o público-alvo, em clarificar (pelo menos, em reflectir) a relevância do problema a resolver; enfim, deve-se à tentativa de formular bem o problema, o que nos parece ter correspondido depois a um melhor desenvolvimento das competências CE8-*Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro* e CE7-*Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos*.

Resultados da análise global dos episódios da categoria ***Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes*****:** A análise conjunta dos episódios 5 e 8, da primeira fase do estudo, e dos episódios 9, 10 e 11 da segunda fase torna evidente que:

– Enquanto com os resultados da primeira fase parece que é a autonomia concedida aos estudantes que, aumentando ao longo do tempo, em substituição da orientação dada (que vai assim diminuindo), vai permitir o desenvolvimento de competências, com os resultados da segunda fase, parece que o mais importante é a alternância orientação dada /autonomia concedida;

– Terá ficado claro que, para o desenvolvimento das competências de alto nível CE7 – *Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos* e CE8 – *Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro*, foi fundamental a mediação desenvolvida no sentido de: (i) clarificar o problema a resolver; (ii) de o formular sob a forma de questão a responder; (iii) de o delimitar, colocando várias sub-questões; (iv) de definir quem se interessa pela resposta (o público-alvo) e (v) a forma de apresentar a resposta ao problema (o produto final ou serviço). Isto é, foi importante formular bem o problema o que, naturalmente está relacionado com o desenvolvimento adequado da

competência CT1-*Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química*.

Verificou-se que o grupo B teve a melhor nota dos TPP (3,8, numa escala de 1 a 5), seguindo-se o grupo C (3,3) e depois o A (2,2) (ver secção 5.5.3. dos resultados com a grelha de avaliação dos TPP), ou seja, o TPP do grupo B obteve um nível de qualidade que se situou entre o Bom e o Muito Bom (3,8), enquanto o TPP do grupo C situou-se num nível de qualidade entre o Razoável e o Bom (3,3) e o TPP do grupo A obteve um nível Razoável (2,2). Ora, estes resultados estão relacionados com o maior ou menor desenvolvimento das competências já referidas (CT1, CE8 e CE7). Se recordarmos a análise feita aos episódios 9, 10 e 11, numa perspectiva evolutiva, verifica-se que todos os grupos envolvidos melhoraram a sua performance em termos daquelas competências, o que parece ser um reflexo da mediação feita pela professora ao trabalho dos estudantes, em termos de alternância orientação dada /autonomia concedida na execução das suas tarefas.

5.4.2.3. Análise do ensino para responder a Q3

Já referimos na secção 5.4.1. que, para responder à questão de investigação Q3 vamos reanalisar os episódios descritos na primeira fase do estudo a propósito dos objectos, as dimensões e várias categorias de análise seleccionados, e fazer um confronto com a análise feita à mediação planeada (para complementar a resposta a Q1) e aos três episódios da segunda fase (para complementar a resposta a Q2). Ou seja, para responder à Q3 vamos fazer uma análise mais global a dois conjuntos de episódios de ensino, cada um da sua fase do estudo, de forma a poder responder à Q3, tanto em termos da forma como as tarefas estão organizadas (ver categorias e dimensão de análise do objecto 1, na secção 5.4.1.), como em termos da abordagem que a professora fez nas suas aulas (ver categorias e dimensão de análise do objecto 2, na secção 5.4.1.), na perspectiva da evolução do desenvolvimento profissional da professora/investigadora *versus* a sua relação com as aprendizagens dos estudantes.

Análise conjunta para Q3: Relendo as descrições feitas aos episódios da primeira fase do estudo (secção 4.3.3.), mas principalmente os episódios **1** (p. 203), **2** (p. 207), **5** (p. 233), e **8** (p. 211 e p. 237) e relendo as suas análises individuais e

conjuntas[17] e confrontando os seus resultados com a descrição e análise dos episódios **9**, **10** e **11** da segunda fase, podemos inferir que:

– O desenho curricular em 2006/07, estruturado a partir das SF, teve uma grande articulação entre as competências a desenvolver e a mediação planeada, tendo sido as tarefas especial e conscientemente concebidas para estabelecer essa articulação (ao contrário de 2004/05, que não teve essa estrutura, nem essa planificação sistemática de promoção de competências e de mediação predefinida, em tipo e *timing*). Relembremos os episódios 1, 8 e 9. No primeiro, as intervenções da professora eram pouco dirigidas, isto é, não seguiam fio condutor bem definido, eram algo dispersas, latas, com poucas delimitações. Também no episódio 8, houve constantes ajustes no sentido de ajudar os estudantes a resolverem as suas dificuldades e/ou de aprendizagem. Tal reflectiu-se no percurso de evolução conceptual dos estudantes, que também teve avanços e retrocessos, ou em torno das ideias que se queriam atingir. Embora esta característica seja natural na aprendizagem, se se mantiver por muito tempo, pode contribuir para confundir os estudantes. Além disso, as competências que estavam em jogo eram de baixo/médio nível, como mobilizar conceitos prévios; apropriação de conceitos novos, reconstruindo os seus significados; reestruturar os campos conceptuais em jogo; e aplicarem-nos em contexto. No episódio 9, a evolução conceptual e o desenvolvimento de uma competência de médio/alto nível (formulação de problemas) deu mais naturalmente lugar ao desenvolvimento de outra de mais alto nível de qualidade, como é o caso da CE8 – *Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro*.

[17] Episódios seleccionados em particular das **Categorias** *Características da tarefa*, *Ensino que a tarefa proporciona*, *Aprendizagem que a tarefa proporciona*, *Sequência de apresentação das tarefas*, da **Dimensão de análise** *O desenho curricular*, do **Objecto 1** *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes* e das **Categorias** *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*, *Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes*, da **Dimensão de análise** *A mediação da professora*, do **Objecto 2** *As interacções entre a professora e os estudantes nos trabalhos práticos (TP), nos trabalhos laboratoriais (TL), no trabalho por projecto (TPP) e nas aulas de cariz expositivo*.

– O ensino em 2006/07 relativo à primeira unidade didáctica (equivalente à unidade I de 2004/05 em termos dos conteúdos a ensinar e competências a desenvolver) parece ter contribuído para um maior desenvolvimento na competência de resolução de problemas, a desenvolver ao longo das aulas do semestre (em particular nos TL em ambas as fases do estudo e também nos TPP só em 2006/07). Esta inferência parece ser reforçada pelos resultados obtidos na GP (ver secção 5.5.3.), onde se constataram resultados com níveis de qualidade satisfatórios para o processo de resolução do problema, entre outros, e pelos resultados de OD (ver secção 5.5.2.), que obtiveram bons desenvolvimentos das competências C1, C2 e C3 relacionadas com os TL (e associadas à competência da resolução de problemas) e tiveram praticamente sempre valores positivos (ao contrário das competências de 2004/05, que começaram com níveis de qualidade negativos).

– A constatação anterior do "… ensino em 2006/07 relativo à primeira unidade didáctica … parece ter contribuído para um maior desenvolvimento na competência de resolução de problemas" pode relacionar-se com uma mais constante e alternada tensão entre as intervenções mediadoras de cariz orientativo e de concessão de autonomia da professora, em particular na ocasião em que se procurou *formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente … compreendidos e resolvidos com a ajuda da química*, algo que julgamos essencial saber fazer e compreender o seu significado, como ponto de partida para uma melhor resolução do problema, compreendendo, pois, os processos envolvidos nessa resolução.

5.4.3. Questionário aos estudantes acerca do ensino, da avaliação e do modo de estudar (QEAME)

O QEAME foi administrado aos estudantes após o final das actividades lectivas, em data previamente acertada entre aqueles e a professora, durante ou depois de terem ocorrido as avaliações finais a Química, de Ecologia Aplicada e a Química I, de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais, disciplinas leccionadas em simultâneo no 1º semestre do ano lectivo de 2006/07. De qualquer maneira, todos os estudantes que responderam ao QEAME já tinham, à data, sido avaliados, pelo menos uma vez, com cada tipo de elemento de avaliação. Só estava ainda em avaliação quem tinha reprovado, mas comparecido, para o mesmo efeito, em data(s)

anterior(es). Dos 21 estudantes que frequentaram a disciplina, 1 deles acabou por desistir da sua licenciatura, pelo que 20 responderam ao QEAME, ou seja, 100% dos que frequentaram as aulas até ao fim. Destes, 17 optaram pela avaliação periódica (9 de Ecologia Aplicada e 8 de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais) e 3 (1 de Ecologia Aplicada e 2 de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais) pela avaliação por exame final. Os estudantes que optaram por fazer a avaliação por exame final eram estudantes repetentes à disciplina que não tinham compatibilidade horária para assistir a *todas* as aulas e apenas um deles tinha frequentado as aulas de Química, em ano lectivo anterior, leccionadas pela mesma professora.

Para facilitar a análise dos resultados obtidos no QEAME, apresenta-se uma tabela onde constam as 29 questões avaliadas, agrupadas de acordo com as dimensões definidas *a priori*, a pontuação absoluta obtida para cada questão e o respectivo valor de desvio padrão (tabela 5.10). A pontuação absoluta, em cada questão, corresponde à média aritmética das respostas obtidas nos 20 inquéritos. Recorde-se que as pontuações a atribuir a cada questão pelos estudantes variam de 1 a 5, em que a pontuação 1 significa que o aluno *discorda completamente*, 2 significa que *tende a discordar*, 3 que *não se aplica ou não sabe responder*, 4 que *concorda, mas com reservas* e 5 que *concorda completamente*. Há um grupo de questões (cerca de metade) em que, quando a pontuação aumenta de 1 a 5, o resultado melhora para o professor. No grupo constituído pelas restantes questões, o resultado melhora para o professor no sentido de 5 para 1. Ora, para facilitar a análise dos resultados, neste último grupo de questões as pontuações foram invertidas, isto é, a pontuação 5 converteu-se em 1, a 4 em 2, a 3 manteve-se, a 2 converteu-se em 4 e a 1 em 5. Assim, o resultado em cada questão, independentemente do modo como foi formulada, é tanto melhor para o professor quanto mais próximo de 5 for a pontuação e tanto pior quanto mais próxima esta estiver de 1 (daí a designação de pontuação absoluta). As pontuações 1 e 2 são pontuações negativas, isto é, desfavoráveis ao professor e as pontuações 4 e 5 são positivas e, portanto, favoráveis ao professor. A pontuação 3 é um resultado que é neutro, uma vez que significa *Não se aplica ou não sabe responder*. No entanto, sendo também um resultado possível obtido pelo cálculo de uma média aritmética, o valor 3 terá de ser considerado um valor intermédio entre as pontuações positivas e negativas, ou seja, o menor dos valores favoráveis ao professor (principalmente ao considerarmos os resultados médios obtidos com o QEAME).

Assim, apresenta-se a tabela 5.10 com as pontuações absolutas obtidas em cada questão, sendo estas pontuações resultantes da média aritmética das respostas obtidas nos 20 inquéritos ou as pontuações resultantes da inversão da escala após o cálculo das médias (nos casos em que isso se aplique).

Tabela 5.10 – Resultados do QEAME para o caso investigação-acção.

Dimensão *a priori*	Questão*	Pontuação absoluta**	Desvio padrão
Esforços deliberados no sentido do bom ensino (pontuação média: 3,8)	**18.** A professora desta disciplina é extremamente boa a explicar-nos a matéria.	3,5	1,0
	20. A professora desta disciplina trabalha arduamente no sentido de tornar atraente esta disciplina para os estudantes.	4,3	0,8
	26. Nesta disciplina tenta-se realmente obter o melhor da parte de todos os estudantes.	3,5	1,0
Avaliação adequada (pontuação média: 3,7)	**7.** A professora desta disciplina dedica bastante tempo a comentar o trabalho dos estudantes.	4,3	0,9
	8. Para passar nesta disciplina tudo o que é realmente preciso é ter uma boa memória. *(PI)*	3,8 (2,2)	0,9
	12. A professora desta disciplina parece mais interessada em testar aquilo que nós memorizamos do que aquilo que compreendemos. *(PI)*	3,7 (2,3)	1,3
	21. A professora desta disciplina coloca aos estudantes demasiadas questões que incidem apenas sobre factos. *(PI)*	3,1 (2,9)	0,8
	22. A informação sobre o trabalho de cada estudante nesta disciplina é fornecida APENAS sob a forma de classificações e notas. *(PI)*	3,5 (2,5)	1,1
	25. É possível passar nesta disciplina trabalhando arduamente apenas nas vésperas do exame. *(PI)*	3,9 (2,1)	1,2
	27. Nesta disciplina há pouca escolha nos modos como se é avaliado. *(PI)*	3,4 (2,6)	1,2
Organização e quantidade de trabalho (pontuação média: 3,0)	**4.** O trabalho exigido nesta disciplina é excessivo. *(PI)*	2,8 (3,2)	1,1
	10. Parece-me que o programa desta disciplina tenta cobrir demasiados tópicos. *(PI)*	3,2 (2,8)	1,2
	14. Em geral, é-nos dado tempo suficiente para compreender as coisas que temos de aprender nesta disciplina.	3,5	1,1

	29. O volume de trabalho que tem de ser realizado nesta disciplina significa que não é possível compreender tudo de um modo aprofundado. *(PI)*	2,5 (3,5)	1,1
Interacção (pontuação média: 3,9)	**3.** A professora desta disciplina motiva os estudantes no sentido de darem o seu melhor.	4,1	1,0
	5. A professora desta disciplina dá frequentemente a impressão de não ter nada a aprender com os estudantes. *(PI)*	4,0 (2,0)	0,8
	15. A professora desta disciplina faz um esforço real para entender as dificuldades que os estudantes possam ter no seu trabalho.	4,5	0,7
	17. A professora desta disciplina dá normalmente informação acerca de como os estudantes vão progredindo.	3,4	1,3
	23. Discutimos frequentemente com a nossa professora acerca do modo como vamos aprender nesta disciplina.	2,9	1,0
	24. A professora desta disciplina não demonstra interesse real naquilo que os estudantes têm para dizer. *(PI)*	4,6 (1,4)	0,8
Estímulo à independência do estudante (pontuação média: 2,9)	**2.** Há poucas oportunidades para escolher assuntos particulares que gostaria de estudar nesta disciplina. *(PI)*	2,5 (3,5)	1,1
	9. Esta disciplina parece encorajar os estudantes a desenvolverem, tanto quanto possível, os seus próprios interesses académicos.	3,3	1,3
	11. Os estudantes têm uma grande possibilidade de escolher o modo como vão aprender nesta disciplina.	2,3	1,0
	16. É dada bastante escolha aos estudantes no trabalho que têm de realizar nesta disciplina.	3,4	1,1
Objectivos e normas claros e bem definidos (pontuação média: 3,3)	**1.** É sempre fácil saber qual o grau de exigência do trabalho que é esperado de mim nesta disciplina.	3,5	1,0
	6. Em geral, tenho uma ideia clara da direcção a seguir e do que me é exigido nesta disciplina.	3,2	1,0
	13. É frequentemente difícil descobrir o que é esperado de nós nesta disciplina. *(PI)*	3,3 (2,7)	1,0
	19. Os objectivos gerais e específicos desta disciplina não são fornecidos de modo muito claro. *(PI)*	3,3 (2,7)	1,4
	28. A professora desta disciplina torna claro desde o início o que espera dos estudantes.	3,4	1,0

* As questões de pontuação invertida são as assinaladas por *(PI)*.
** A pontuação antes da inversão de escala é referida entre parêntesis.

Ao analisar os resultados obtidos no QEAME, verifica-se que as pontuações obtidas nas 6 dimensões avaliadas são, globalmente, positivas: em 4 dimensões obtiveram-se pontuações superiores a 3, numa dimensão obteve-se pontuação igual a 3 e na restante uma pontuação negativa (2,9), no entanto, muito perto do valor intermédio (3). Analisemos, com maior detalhe, as pontuações obtidas em cada uma das dimensões definidas *a priori*.

Relativamente a **Esforços deliberados no sentido do bom ensino**, a pontuação média obtida foi de 3,8. Os desvios padrão dos resultados obtidos nas questões que contribuíram para avaliar aquela dimensão (*18*, *20* e *26*) situam-se entre 0,8 e 1,0, que são valores que revelam pouca dispersão dos resultados. A pontuação média obtida (3,8) traduz um resultado satisfatório, no entanto, aquém das expectativas da professora/investigadora. Segundo esta, os esforços por si levados a cabo foram permanentes e intensos, tanto no que respeita ao rigor científico como em termos didácticos, o que parece ser reconhecido pelos estudantes (ver questão 20, *A professora desta disciplina trabalha arduamente no sentido de tornar atraente esta disciplina para os estudantes*, com a pontuação de 4,3). Ao analisar as pontuações médias obtidas em cada questão, verifica-se que foram as questões 18 (*A professora desta disciplina é extremamente boa a explicar-nos a matéria*) e 26 (*Nesta disciplina tenta-se realmente obter o melhor da parte de todos os estudantes*) que contribuíram para baixar a média obtida nesta dimensão, na medida em que se obtiveram as pontuações absolutas médias de 3,5. A professora/investigadora reconhece que nem sempre estes esforços foram sinónimo de clareza e simplicidade na linguagem utilizada. Segundo aquela, a intenção de ser clara e simples, mas rigorosa, no ensino a estudantes que poderiam partir de diferentes níveis de qualidade dos seus conhecimentos prévios, fez com que ela, propositadamente, tenha optado por apresentar os mesmos conteúdos segundo diversas abordagens, mas dirigindo-se a todos. Esta característica, que a professora/investigadora reconhece ter existido no seu ensino, pode ter estado na origem de uma ideia de confusão, insegurança ou má preparação da professora pelos estudantes.

No que respeita à **Avaliação adequada**, a pontuação média obtida foi de 3,7 com desvios padrão das questões que contribuem para esta dimensão situados entre 0,8 e 1,3. Apesar da pontuação média naquela dimensão ser positiva, parece-nos um valor baixo, tendo em conta os vários momentos de avaliação e as diversificadas formas de a fazer ao longo do semestre de aulas. Este resultado foi prejudicado pelos

resultados obtidos nas questões 21 e 22 e 27 (pontuações médias de 3,1, 3,5 e 3,4, respectivamente). Relativamente à questão 21 (*A professora desta disciplina coloca aos estudantes demasiadas questões que incidem apenas sobre factos*), parece-nos que terá havido dúvidas quanto ao seu sentido semântico, uma vez que 50% dos estudantes não souberam responder (pontuação 3,0 na escala) e os restantes dividiram-se entre as pontuações 2 (tende a discordar) e 5 (concorda completamente). Quanto à questão 22 (*A informação sobre o trabalho de cada estudante nesta disciplina é fornecida APENAS sob a forma de classificações e notas*), com pontuação média de 3,5, parece-nos evidente que algumas das interacções estabelecidas, durante parte das aulas, entre a professora e os estudantes não foram entendidas como um *feedback* das suas aprendizagens. Mas o desvio padrão de 1,1 indica que houve alguma dispersão nas respostas dos estudantes. Estes resultados poderão dever-se ao hábito de, mesmo com a avaliação contínua a que os estudantes estiveram sujeitos durante o ensino básico e secundário, esta basear-se fundamentalmente em momentos de avaliação formal, sempre convertidas em classificações ou notas que contribuíam para a nota final da disciplina, ainda que houvesse o contributo da *participação nas aulas*, mas este factor menos preponderante. Igualmente a pontuação média de 3,4 da questão 27 (*Nesta disciplina há pouca escolha nos modos como se é avaliado*), com o desvio padrão de 1,2, o que indica que houve alguma dispersão nas respostas dos estudantes, revela na nossa opinião, a vontade de alguns estudantes poderem, de facto, escolher a forma como são avaliados, principalmente, se puderem optar por não falarem em público (no caso dos trabalhos por projecto) ou por não serem avaliados oralmente (no caso da observação directa nos trabalhos de laboratório), por exemplo. Esta questão poderá não ter sido entendida como a existência de variadas formas de avaliar os estudantes. As restantes questões, 7, 8, 12 e 25 obtiveram pontuações relativamente boas, 4,3, 3,8, 3,7 e 3,9, respectivamente. A pontuação da questão 7 (*A professora desta disciplina dedica bastante tempo a comentar o trabalho dos estudantes*) parece indicar que os estudantes reconhecem que a professora fez bastantes comentários ao seu trabalho. No nosso entender, a existência de alguma dispersão nas respostas às questões 12 (*A professora desta disciplina parece mais interessada em testar aquilo que nós memorizamos do que aquilo que compreendemos*) e 25 (*É possível passar nesta disciplina trabalhando arduamente apenas nas vésperas do exame*) poderá dever-se à existência de alguns indivíduos que continuam a estudar recorrendo frequentemente à memorização e/ou a estudar "arduamente nas vésperas do exame". Curiosamente, o facto da pontuação da

questão 8 (*Para passar nesta disciplina tudo o que é realmente preciso é ter uma boa memória*) ser aproximada à da 12 (*A professora desta disciplina parece mais interessada em testar aquilo que nós memorizamos do que aquilo que compreendemos*) mas ter uma baixa dispersão dos resultados (desvio padrão de 0,9) relativamente à da 12 (desvio padrão de 1,3) parece revelar que a questão 12 foi entendida de forma menos clara, provavelmente devendo-se a alguma subjectividade do texto (*A professora … parece mais interessada em …*).

A dimensão **Interacção** obteve a pontuação média mais elevada de todas as que foram avaliadas (3,9). Este resultado é bastante satisfatório, uma vez que se aproxima da pontuação 4: *concorda, mas com reservas*. Este é um resultado que satisfaz a professora/investigadora, uma vez que parece ter havido o reconhecimento por parte dos estudantes da intenção colocada nas suas intervenções. As questões 3 (*A professora desta disciplina motiva os estudantes no sentido de darem o seu melhor*), 5 (*A professora desta disciplina dá frequentemente a impressão de não ter nada a aprender com os estudantes*), 15 (*A professora desta disciplina faz um esforço real para entender as dificuldades que os estudantes possam ter no seu trabalho*) e 24 (*A professora desta disciplina não demonstra interesse real naquilo que os estudantes têm para dizer*) são as que mais contribuíram para este resultado, ao pontuarem 4,1, 4,0, 4,5 e 4,6, respectivamente, três das quais com desvios padrão entre 0,7 e 0,8, que revelam um acentuado acordo entre as opiniões dos estudantes. Estes resultados indicam que os estudantes reconheceram a intenção com que as interacções foram estabelecidas e a importância que a participação dos estudantes teve nessas interacções. Por outro lado, as questões 17 (*A professora desta disciplina dá normalmente informação acerca de como os estudantes vão progredindo*) e 23 (*Discutimos frequentemente com a nossa professora acerca do modo como vamos aprender nesta disciplina*) apresentam pontuações menos favoráveis à professora do que as anteriores, mas ainda assim com valores positivos ou muito próximo disso (3,4 e 2,9), e apresentando alguma dispersão nas respostas (desvios entre 1,0 e 1,3). A pontuação 2,9 da questão menos pontuada nesta dimensão (23) é entendida com um reflexo da falta de discussões explícitas, pela professora/investigadora, acerca do modo como se iria aprender na disciplina, o que é reconhecido por aquela. Ou seja, os comentários que a professora foi fazendo durante as aulas acerca do modo como os conteúdos, os temas, as actividades, as intervenções da professora e a avaliação estavam estruturados entre si parecem não ter sido esclarecedores quanto à sua contribuição para as aprendizagens. Por outro lado, os

estudantes não estão habituados a que se questionem os processos tradicionais de ensinar e de aprender, pois esses são os processos mais familiares para eles.

A dimensão **Organização e quantidade de trabalho** foi uma das duas que obtiveram pontuação média mais baixa (3,0), mas ainda assim com um valor favorável (o mais baixo). Duas das 4 questões que contribuem para avaliar esta dimensão obtiveram pontuação negativa: questões 4 (*O trabalho exigido nesta disciplina é excessivo*) e 29 (*O volume de trabalho que tem de ser realizado nesta disciplina significa que não é possível compreender tudo de um modo aprofundado*), com pontuações respectivas de 2,8 e 2,5. As questões 10 (*Parece-me que o programa desta disciplina tenta cobrir demasiados tópicos*) e 14 (*Em geral, é-nos dado tempo suficiente para compreender as coisas que temos de aprender nesta disciplina*) obtiveram pontuações positivas (3,2 e 3,5), mas relativamente perto da pontuação intermédia. Estes resultados das questões referidas e, portanto, da dimensão referida, podem compreender-se atendendo à variedade de formas de ensinar e de aprender postas em acção nesta intervenção, algo a que os estudantes, genericamente, não estão habituados nem familiarizados. No entanto, a professora/investigadora reconhece o esforço que foi necessário por parte dos estudantes para ultrapassar as suas dificuldades no desenrolar das suas actividades de aprendizagem. Mas entende que parte dessas dificuldades poderiam ter sido superadas mais fácil e/ou rapidamente se os estudantes tivessem recorrido mais frequentemente ao auxílio da professora, fora dos tempos lectivos, algo que é confirmado pela baixa procura da professora no horário disponibilizado para atendimento aos estudantes ou via telefone ou *e-mail*. Esta opinião é corroborada por outra: a de que os estudantes são pouco autónomos na sua aprendizagem, pelo que por vezes não sabem efectuar diligências no sentido de se esclarecerem, mesmo que seja com a professora.

Isto vem ao encontro da mais baixa pontuação encontrada no QEAME, a dimensão **Estímulo à independência do estudante**, cuja pontuação média foi de 2,9. Esta pontuação negativa teve os contributos das questões 2 (*Há poucas oportunidades para escolher assuntos particulares que gostaria de estudar nesta disciplina*), 9 (*Esta disciplina parece encorajar os estudantes a desenvolverem, tanto quanto possível, os seus próprios interesses académicos*), 11 (*Os estudantes têm uma grande possibilidade de escolher o modo como vão aprender nesta disciplina*) e 16 (*É dada bastante escolha aos estudantes no trabalho que têm de realizar nesta disciplina*), de pontuações médias iguais a 2,5, 3,3, 2,3 e 3,4, respectivamente. Todas as questões desta dimensão tiverem desvios padrão elevados (entre 1,0 e 1,3), o que revela uma relativamente elevada dispersão nas

respostas obtidas. As pontuações obtidas nesta dimensão parecem sugerir que houve pouco estímulo à independência dos estudantes, o que é contrariado pela liberdade de escolha que foi dada aos estudantes nos trabalhos por projecto, nomeadamente, na escolha do problema a resolver, do produto ou serviço, na forma de desenvolver o projecto, e na preparação dos trabalhos laboratoriais. Entendemos estes resultados como significando que os estudantes não estão habituados a tomar decisões no que se refere às suas aprendizagens, mas antes habituados a seguir *receitas*, pelo que os estudantes terão entendido, em relação às opções de escolha referidas nas questões, como sendo a possibilidade de escolherem os conteúdos a estudar e as tarefas a executar e em que condições (optando trabalhar em grupo ou individualmente, nos prazos que eles entendessem), etc.

Finalmente, na dimensão **Objectivos e normas claros e bem definidos** obteve-se a pontuação média de 3,3. A pontuação obtida para esta dimensão, não sendo claramente desfavorável ao professor, é pouco mais que um resultado neutro, o que pode causar alguma estranheza, já que aparentemente é fácil para um professor ser claro e explícito quando se refere aos objectivos e normas da disciplina. Analisemos as pontuações obtidas nas 5 questões que avaliam esta dimensão. As questões 1 (*É sempre fácil saber qual o grau de exigência do trabalho que é esperado de mim nesta disciplina*), 6 (*Em geral, tenho uma ideia clara da direcção a seguir e do que me é exigido nesta disciplina*), 13 (*É frequentemente difícil descobrir o que é esperado de nós nesta disciplina*), 19 (*Os objectivos gerais e específicos desta disciplina não são fornecidos de modo muito claro*) e 28 (*A professora desta disciplina torna claro desde o início o que espera dos estudantes*) contribuíram para o resultado final com as pontuações 3,5, 3,2, 3,3, 3,3 e 3,4, respectivamente. Os desvios padrão obtidos nestas questões oscilam entre 1,0 e 1,4, o que revela uma relativamente elevada dispersão nas respostas dadas. No nosso entender, poderá haver duas razões essenciais responsáveis pelo resultado médio obtido para a dimensão em análise: uma, o facto da intervenção na sala de aula implementada pela professora aos seus estudantes ser uma implementação com moldes pouco familiares para estes de um desenho curricular também pouco usual; outra, a professora pode não ter sido suficientemente esclarecedora relativamente a objectivos e normas que eram relativamente novos também para ela.

Desta análise detalhada, ressaltam alguns aspectos do ensino e da avaliação percepcionados pelos estudantes como mais fracos e outros como mais fortes. Dos mais fracos salientamos a extensão do programa, e em particular, o excesso de

trabalho exigido, o que tem implicações, necessariamente, no tempo necessário para compreender os assuntos da disciplina e na profundidade da compreensão dos mesmos (aspectos contemplados na **Organização e quantidade de trabalho**, com pontuação média de 3,0). Outros aspectos vistos como fracos (os mais fracos, neste caso) são os relativos ao **Estímulo à independência do estudante** (pontuação média de 2,9), em particular, as poucas opções de escolha que os estudantes entendem ter quanto ao modo como vão aprender e as poucas oportunidades para escolher assuntos particulares que gostariam de estudar.

Salientamos como aspectos fortes a percepção que os estudantes têm do esforço que a professora faz para tornar a disciplina atraente, aspecto que integra os **Esforços deliberados no sentido do bom ensino** (pontuação média de 3,8). Também reconhecem que nesta disciplina são valorizados os processos de aprendizagem mais profundos em vez dos mais superficiais, percepções relacionadas com a impossibilidade de usarem apenas a memória para serem aprovados à disciplina, e com o reconhecimento da valorização que a professora faz daquilo que os estudantes compreendem e do tempo que dedica a comentar o seu trabalho, aspectos reflectidos na **Avaliação adequada** (pontuação média de 3,7). A dimensão mais valorizada pelos estudantes é a **Interacção**, que obteve a melhor pontuação média (3,9), em particular no que respeita à percepção de que aquilo que os estudantes têm para dizer é tido em conta pela professora, principalmente para entender as suas dificuldades mas também para aprender com eles.

Estes resultados relativos à percepção dos estudantes sobre o ensino reforçam a análise que fizemos sobre o ensino, em particular as dimensões relativas à Interacção e ao Estímulo à independência do estudante que são concordantes com a análise relativa à *orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes*.

Os resultados obtidos com a administração do QEAME aos estudantes do caso avaliativo estão incorporados na tabela 5.11, onde se apresentam de novo os resultados do caso investigação-acção, para facilitar a comparação.

Tabela 5.11 – Tabela comparativa dos resultados do QEAME (caso avaliativo de 2005/06 e caso investigação-acção de 2006/07)

Dimensão *a priori*	Questão*	Pontuação absoluta	
		Caso avaliativo	Caso investigação-acção
Esforços deliberados no sentido do bom ensino	**18.** A professora desta disciplina é extremamente boa a explicar-nos a matéria.	4,2	3,5
	20. A professora desta disciplina trabalha arduamente no sentido de tornar atraente esta disciplina para os estudantes.	4,2	4,3
	26. Nesta disciplina tenta-se realmente obter o melhor da parte de todos os estudantes.	3,9	3,5
	Pontuação média	**4,1**	**3,8**
Avaliação permanente	**7.** A professora desta disciplina dedica bastante tempo a comentar o trabalho dos estudantes.	4,3	4,3
	8. Para passar nesta disciplina tudo o que é realmente preciso é ter uma boa memória. *(PI)*	4,0 (2,0)	3,8 (2,2)
	12. A professora desta disciplina parece mais interessada em testar aquilo que nós memorizamos do que aquilo que compreendemos. *(PI)*	4,4 (1,6)	3,7 (2,3)
	21. A professora desta disciplina coloca aos estudantes demasiadas questões que incidem apenas sobre factos.	3,8 (2,2)	3,1 (2,9)

	(PI)		
	22. A informação sobre o trabalho de cada estudante nesta disciplina é fornecida APENAS sob a forma de classificações e notas. *(PI)*	3,8 (2,2)	3,5 (2,5)
	25. É possível passar nesta disciplina trabalhando arduamente apenas nas vésperas do exame. *(PI)*	4,3 (1,7)	3,9 (2,1)
	27. Nesta disciplina há pouca escolha nos modos como se é avaliado. *(PI)*	2,9 (3,1)	3,4 (2,6)
	Pontuação média	**3,9**	**3,7**
Organização e quantidade de trabalho	**4.** O trabalho exigido nesta disciplina é excessivo. (PI)	2,3 (3,7)	2,8 (3,2)
	10. Parece-me que o programa desta disciplina tenta cobrir demasiados tópicos. *(PI)*	2,6 (3,4)	3,2 (2,8)
	14. Em geral, é-nos dado tempo suficiente para compreender as coisas que temos de aprender nesta disciplina.	3,6	3,5
	29. O volume de trabalho que tem de ser realizado nesta disciplina significa que não é possível compreender tudo de um modo aprofundado. *(PI)*	3,3 (2,7)	2,5 (3,5)
	Pontuação média	**3,0**	**3,0**
Interacção	**3.** A professora desta disciplina motiva os estudantes no sentido de darem o seu melhor.	4,4	4,1
	5. A professora desta disciplina dá frequentemente a impressão de não ter nada a aprender	3,8 (2,2)	4,0 (2,0)

	com os estudantes. *(PI)*		
	15. A professora desta disciplina faz um esforço real para entender as dificuldades que os estudantes possam ter no seu trabalho.	4,4	4,5
	17. A professora desta disciplina dá normalmente informação acerca de como os estudantes vão progredindo.	4,0	3,4
	23. Discutimos frequentemente com a nossa professora acerca do modo como vamos aprender nesta disciplina.	3,5	2,9
	24. A professora desta disciplina não demonstra interesse real naquilo que os estudantes têm para dizer. *(PI)*	4,6 (1,4)	4,6 (1,4)
	Pontuação média	**4,1**	**3,9**
Estímulo à independência do estudante	**2.** Há poucas oportunidades para escolher assuntos particulares que gostaria de estudar nesta disciplina. *(PI)*	2,6 (3,4)	2,5 (3,5)
	9. Esta disciplina parece encorajar os estudantes a desenvolverem, tanto quanto possível, os seus próprios interesses académicos.	3,3	3,3
	11. Os estudantes têm uma grande possibilidade de escolher o modo como vão aprender nesta disciplina.	2,9	2,3
	16. É dada bastante escolha aos estudantes no trabalho que têm de realizar nesta disciplina.	3,0	3,4
	Pontuação média	**3,0**	**2,9**

Objectivos e padrões claros e bem definidos	**1.** É sempre fácil saber qual o grau de exigência do trabalho que é esperado de mim nesta disciplina.	3,6	3,5
	6. Em geral, tenho uma ideia clara da direcção a seguir e do que me é exigido nesta disciplina.	4,1	3,2
	13. É frequentemente difícil descobrir o que é esperado de nós nesta disciplina. *(PI)*	3,4 (2,6)	3,3 (2,7)
	19. Os objectivos gerais e específicos desta disciplina não são fornecidos de modo muito claro. *(PI)*	4,1 (1,9)	3,3 (2,7)
	28. A professora desta disciplina torna claro desde o início o que espera dos estudantes.	4,6	3,4
	Pontuação média	**4,0**	**3,3**

* As questões de pontuação invertida são as assinaladas por *(PI)*.

** A pontuação antes da inversão de escala é referida entre parêntesis.

Se compararmos a apreciação dos estudantes relativamente ao ensino nos dois estudos de caso, verifica-se que, em termos das dimensões avaliadas, a professora/investigadora (caso investigação-acção) tem resultados menos favoráveis do que a professora/colaboradora (caso avaliativo), embora as diferenças sejam pouco acentuadas. Podemos afirmar o mesmo se fizermos a comparação questão a questão. No entanto, nas questões 5 (*A professora desta disciplina dá frequentemente a impressão de não ter nada a aprender com os estudantes*), 15 (*A professora desta disciplina faz um esforço real para entender as dificuldades que os estudantes possam ter no seu trabalho*) e 24 (A professora desta disciplina não demonstra interesse real naquilo que os estudantes têm para dizer) da Interacção, a professora/investigadora obteve resultados iguais ou ligeiramente superiores aos da professora/colaboradora.

Em termos globais, podemos inferir que os estudantes dos dois estudos de caso reconhecem nas respectivas professoras o esforço e interesse reais na aprendizagens dos seus estudantes, bem como reconhecem mérito e/ou qualidade no ensino praticado por ambas. Será, então, interessante comparar os dados relativos às aprendizagens obtidos com o teste de competências em química (ver secção 5.5.1.). De uma forma geral, os ganhos conseguidos em termos de desenvolvimento das competências avaliadas não têm expressão em ambos os estudos de caso. No entanto, destaca-se uma diferença entre os dois casos. Na tarefa 2, concebida para avaliar o desenvolvimento da competência CE7-*Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos*, os estudantes do caso investigação-acção têm um ganho de 3,5, sensivelmente o dobro do ganho obtido pelos estudantes do caso avaliativo (1,7). Ora, parece que, independentemente dos esforços e/ou qualidade do ensino das professoras, pode haver ganhos diferentes nas aprendizagens dos estudantes. Uma ideia, que não podemos demonstrar só com estes dados relativos aos dois estudos de caso, remete para as diferenças de ensino praticado por ambas. Estas diferenças podem estar ligadas aos currículos implementados, em especial à mediação planeada, e às características da mediação usadas pelas duas docentes.

5.5. ANÁLISE DOS DADOS RELATIVOS À APRENDIZAGEM

Nesta secção, vamos apresentar os dados e os resultados obtidos com os instrumentos de recolha de dados relativos às aprendizagens dos estudantes do caso do tipo investigação-acção: teste de competências em química (TCQ) para a avaliação de competências seleccionadas; observação directa (OD) para a avaliação das competências relacionadas com os trabalhos laboratoriais (TL); grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP). Para o caso do tipo avaliativo, apresentamos, igualmente, os resultados obtidos com o TCQ, usado igualmente no caso de investigação-acção.

5.5.1. Teste de competências em química (TCQ)

O teste de competências em química (TCQ) é um instrumento que foi apresentado e descrito na secção 5.3.2. (anexo XI). Tal como já foi dito, este instrumento foi concebido para avaliar o desenvolvimento de competências seleccionadas dos campos conceptuais Soluções aquosas, Modelo atómico, Reacções química, Modelo energético e Equilíbrio químico e foi administrado aos estudantes do caso do tipo investigação-acção em dois momentos distintos: antes (*pré-teste*) e depois (*pós-teste*) do ensino destes conteúdos. Para o caso do tipo avaliativo, o TCQ foi administrado no início e no final do 2º semestre de 2005/06.

Responderam ao pré-teste 16 estudantes e 17 ao pós-teste, mas só 12 foram respondidos pelos mesmos estudantes, por isso, foram estes que analisámos. Foi feita a análise de conteúdos do TCQ administrado, tanto no caso investigação-acção como no caso avaliativo. Ou seja, para cada questão do teste, foram previstas várias categorias ou níveis de respostas (ver tabela 5.12), correspondentes, cada um, a níveis diferentes de qualidade de conhecimento envolvido.

Por exemplo, para a tarefa-tipo T2, o nível 1 corresponde a uma explicação a nível submicroscópico do fenómeno descrito, ou seja, com referência a aspectos como "*os adubos dissolvem-se na água e contaminam as águas com nitratos*". O nível 3 corresponde a uma explicação a nível submicroscópico do fenómeno descrito, ou seja, com referência à quebra e formação de ligações e/ou forças intermoleculares nos reagentes e/ou nos produtos de reacção. Após as respostas dadas pelos estudantes

terem sido categorizadas e/ou terem um nível de qualidade atribuído, foi calculada a média aritmética dos níveis obtidos para cada tarefa, em cada caso (investigação-acção ou avaliativo) Os resultados assim obtidos apresentam-se na tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Competências avaliadas, tarefas-tipo e níveis das respostas ao teste de competências em química.

Competências (Tarefa correspondente do TCQ*)	Tarefa-tipo	Níveis de resposta
CE1: Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes. (1.a)	**T1.** Dada uma situação química, relatar os fenómenos químicos que estão patentes na situação.	**1º nível:** relato sem estabelecimento do nexo de causa-efeito. **2º nível:** visão submicroscópica, relatada superficialmente, com o modelo Soluções aquosas. (nível máximo: 2)
CE3: Modelizar (Utilizar ou construir modelos de) situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações. **CE4:** Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química. **CE5:** Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas. (1.b)	**T2.** Explicar, do ponto de vista químico, os fenómenos descritos, dada uma situação química, utilizando a maior profundidade possível na explicação.	**nível 0:** sem explicação **1º nível:** visão submicroscópica, explicada superficialmente, com o modelo Soluções aquosas **2º nível:** visão submicroscópica, explicada com maior profundidade com o modelo Soluções aquosas ou com o Modelo Atómico, superficialmente. **3º nível:** visão submicroscópica, explicada com maior profundidade com o Modelo Atómico (por exemplo, referência a forças intermoleculares) **4º nível:** visão submicroscópica associada a explicação energética (Modelo energético e Modelo Atómico) (nível máximo: 5)
CE7: Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos. (2)	**T3.** Perante a apresentação de um problema, solicitar a sua resolução com a explicitação do raciocínio, cálculos e aproximações a fazer.	Há **8 níveis** de resposta de acordo com o nº de etapas que os estudantes atingem na resolução do problema. (nível máximo: 8)

CE4: Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química. **CE5:** Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas. (3)	**T4.** Dada uma situação química, discutir as condições de variação de uma propriedade da matéria (a temperatura) em termos da variação de duas grandezas termodinâmicas.	Há **8 níveis** de resposta de acordo com o nº de etapas que os estudantes atingem na resolução da tarefa. (nível máximo: 8)

* Ver anexo para mais pormenores.

Tabela 5.13 – Resultados do teste de competências em química para os casos investigação-acção e avaliativo.

Competências (Tarefa-tipo)	Caso	*Pré-teste*	*Pós-teste*	Ganho	Nível máximo das respostas
CE1 (T1)	Investigação-acção	0,92	1,16	0,24	2
	Avaliativo	0,68	0,88	0,20	
CE3, CE4, CE5 (T2)	Investigação-acção	0,13	0,58	0,45	6
	Avaliativo	0,06	0,78	0,72	
CE7 (T3)	Investigação-acção	0,83	4,29	3,46	8
	Avaliativo	1,06	2,75	1,69	
CE4, CE5 (T4)	Investigação-acção	0,25	0,63	0,38	8
	Avaliativo	0.11	0,39	0,28	

Em termos gerais, não há variações importantes nos resultados das competências entre o *pré-teste* e o *pós-teste*, tanto no caso investigação-acção como no caso avaliativo, excepto para a competência CE7 no caso investigação-acção. Nesta competência, verifica-se uma melhoria importante. Os resultados obtidos apresentam

valores globalmente muito baixos quando comparados com o nível máximo para cada questão.

Os resultados obtidos com o TCQ mostram que os tipos de ensino praticados no caso investigação-acção e no caso avaliativo não desenvolveram, de um modo geral, as competências avaliadas seleccionadas. No que respeita à experiência de inovação e gestão do currículo, os resultados deste teste parecem apontar para uma ineficácia no desenvolvimento das competências avaliadas com este teste de competências, à excepção da CE7.

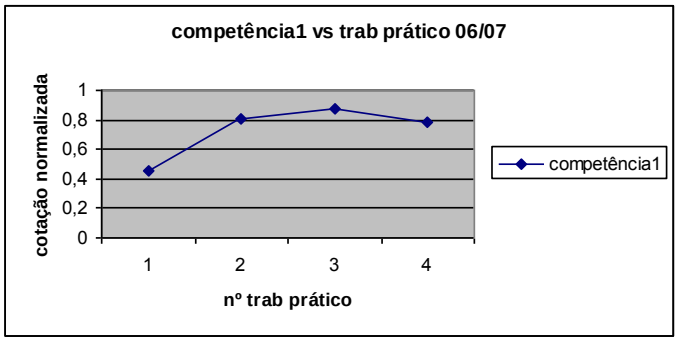
Estes resultados podem ser interpretados da seguinte maneira. O bom resultado obtido para o desenvolvimento da competência CE7 está corroborado com os resultados da análise do ensino e com os resultados de aprendizagem obtidos com a GP. Ou seja, parece ser inequívoco que a competência de resolução de problemas foi desenvolvida com o ensino da intervenção na sala de aula de 2006/07. Este resultado poderá ter a sua explicação nas particularidades já discutidas do desenho curricular e na mediação planeada e de facto implementada, concebidos explicitamente para o desenvolvimento da referida competência.

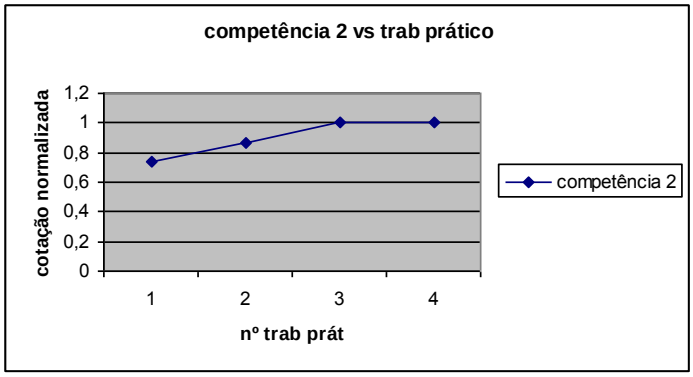
5.5.2. Observação directa (OD) com grelha de observação

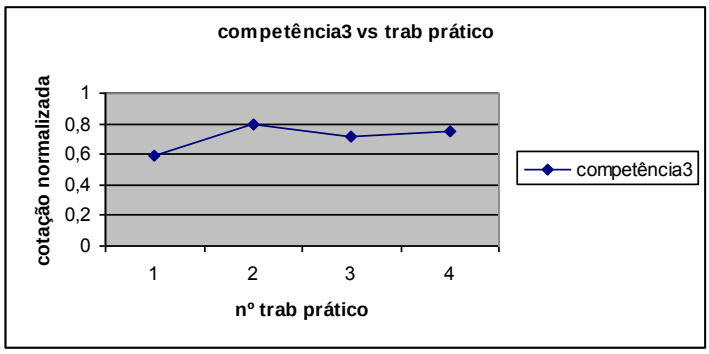
Os resultados obtidos com a observação directa (OD) para avaliar as competências C1, C2 e C3 relacionadas com os TL da segunda fase do estudo apresentam-se nos gráficos da figura 5.3. Para uma comparação, voltamos a apresentar o gráfico relativo à OD obtido em 2004/05 (na mesma figura).

Como facilmente se constata da observação dos três gráficos que representam a evolução do desenvolvimento das competências relacionadas com os TL em 2006/07, houve praticamente sempre uma evolução crescente dos níveis de qualidade para qualquer delas e sempre com valores positivos, à excepção de um único caso, mas mesmo este muito perto da positiva.

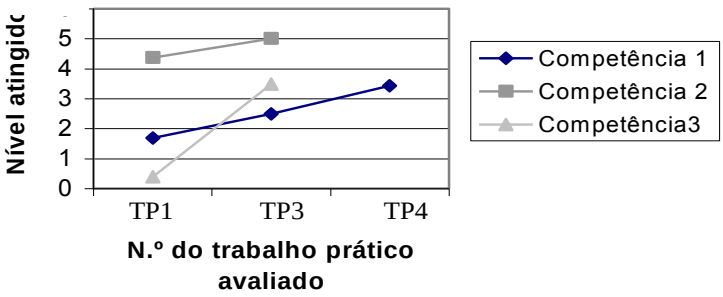
OD para 2006/07:







OD para 2004/05:



C1 – compreensão do problema a resolver
C2 – competências técnicas
C3 – relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos

Figura 5.3 – Resultados obtidos com a observação directa (OD) nos casos de 2006/07 e de 2004/05.

Se compararmos com o gráfico equivalente de 2004/05, reparamos que, apesar de a evolução ter sido mais acentuada, sabemos que nesta evolução está omisso o caso do TL2, cuja OD teve resultados tão baixos que se teve de eliminar a OD deste TL para a avaliação dos estudantes. Ou seja, para as competências de mais alto nível (C1 e C3), a sua avaliação só teve valores positivos a partir do terceiro TL e mesmo neste com valores pouco acima do nível médio (2,5, neste caso).

Portanto, consideramos que são bons os resultados obtidos com a OD no caso investigação-acção de 2006/07.

5.5.3. Grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP)

A grelha de avaliação do trabalho por projecto (GP) é um instrumento que foi apresentado e descrito na secção 5.3.2. (anexo XI). Tal como já foi dito, este instrumento foi concebido para operacionalizar a avaliação dos trabalhos por projecto (TPP), que pretenderam contribuir para o desenvolvimento das competências: CT1 – *Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, a partir de situações químicas relevantes para a disciplina, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da Química*, CE8 – *Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro* e CE7 – *Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos*.

A GP (ver tabela 5.8 e/ou anexo XI) contemplou cinco dimensões do TPP, tendo cada uma diversos descritores aos quais se atribuíram níveis de qualidade entre 1 e 5. Tal como dissemos na descrição da GP, os números 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem a níveis de qualidade todos positivos mas em diferentes graus: 1 – descritor com qualidade de nível suficiente; 2 – descritor com qualidade de nível razoável; 3 – descritor com qualidade de nível bom; 4 – descritor com qualidade de nível muito bom; 5 – descritor com qualidade de nível excelente. A GP foi sendo elaborada pela professora/investigadora ao longo da apresentação oral dos TPP, por observação directa, e posteriormente por análise de conteúdos dos Relatórios dos trabalhos por projecto (outro instrumento de recolha de dados que foi elaborado e entregue pelos estudantes).

A tabela 5.14 apresenta os resultados obtidos com a GP para cada descritor e para cada dimensão de avaliação dos TPP.

Tabela 5.14 – Resultados obtidos com a grelha de avaliação do trabalho por projecto para cada descritor e cada dimensão de avaliação.

Dimensões de avaliação	***Descritores***	***Resultados médios dos tpp para cada descritor (1 2 3 4 5)***	***Resultados médios dos tpp para cada dimensão***
Formulação do problema	• **A** Explicitação do contexto (científico, social, …) onde se insere o problema. • **B** Clareza da formulação do problema.	2,86 2,71	2,71
Processo de resolução	• **C** Qualidade dos recursos mobilizados para a resolução. • **D** Conhecimentos mobilizados para a resolução. • **E** Qualidade dos processos usados para chegar ao produto final.	3,57 2,71 3,57	3,29
Funcionalidade	• **F** O produto final é uma resposta ao problema. • **G** O modelo teórico de base é correcto, adequado e está suficientemente desenvolvido. • **H** O produto final é funcional.	2,71 2,71 3,14	2,86
Apresentação do produto	• **I** A qualidade do produto é patente. • **J** As indicações de uso são claras. • **L** A apresentação do produto é cuidada e adequada.	3,43 3,14 3,71	3,43
Comunicação	• **M** Clareza e riqueza da comunicação dos processos para se chegar ao "que se fez". • **N** Clareza e riqueza da comunicação do "que se fez".	1,86 2,71	2,29

0=Insuficiente; 1=Suficiente; 2=Razoável; 3=Bom; 4=MuitoBom; 5=Excelente

Uma análise breve dos resultados obtidos com a GP, sabendo que os níveis de qualidade para cada descritor e, portanto, para cada dimensão dos TPP, foram convencionados serem sempre positivos, embora de qualidade crescente (de 1 a 5),

não nos permite escrever uma análise em termos de resultados positivos versus negativos. No entanto, permitem-nos ter uma ideia da gama da qualidade dos vários itens avaliados nos TPP desenvolvidos pelos estudantes (foram organizados em 7 grupos). Assim, podemos constatar que as dimensões de análise dos TPP desenvolvidos tiveram níveis de qualidade entre o Razoável e o Bom.

No entender da professora/investigadora, estes representam resultados confortáveis e até promissores, na medida em que esta terá sido a primeira experiência (educacional) do género para estes estudantes, a sua maioria no seu primeiro semestre no ensino universitário, experiência esta que exige a mobilização e desenvolvimento de competências de alto nível.

Igualmente os resultados globais obtidos pelos estudantes nos TPP são encorajadores: 2,2 (grupo A), 1,8, 3,3 (grupo C), 3,2, 3,3, 3,8 (grupo B) e 3,3 (recorde-se que o nível mais baixo (1) é positivo: suficiente)

5.5.4 Síntese dos resultados de aprendizagem e sua relação com práticas de ensino.

Tanto a OD como as tarefas do TCQ apontam para competências mais específicas e de um foro conceptual mais profundo. Notamos, no entanto, que os resultados obtidos com a OD resultam de uma avaliação feita por interacção professora-estudante. No entanto, quantas vezes não deparamos com estudantes com um *bom* domínio dos conceitos e das suas relações, mas que não os sabem mobilizar adequadamente para responder a questões conceptuais colocadas para situações reais ou para resolver problemas que se coloquem nessas situações (portanto, o *saber fazer* é igualmente importante). Por outro lado, o trabalho desenvolvido pelos estudantes nos TPP foi da sua quase inteira responsabilidade, uma vez que a maioria dos estudantes só recorreu a um ponto de contacto com a professora, na apresentação preliminar dos TPP (porque obrigatório!) e nessa ocasião os objectivos a cumprir com os TPP estavam ainda muito longe do final. Portanto, os resultados obtidos com os TPP são da responsabilidade dos estudantes, que souberam usar a autonomia concedida pela professora para a sua execução, sendo claro que a professora os estimulou nesse sentido e tentou clarificar inicialmente os objectivos dos TPP e da SF inicial e foi

fazendo pontes com os eventuais problemas a resolver, não necessariamente dos estudantes nos seus TPP mas da própria sociedade ou de grupos mais restritos de pessoas.

Tal como foi mostrado na secção 5.4.2.1. a mediação planeada para usar durante a execução das tarefas estava especialmente concebida para desenvolver competências de alto nível CE7 e CE8. Ora os resultados da aprendizagem confirmam o desenvolvimento assinalável das referidas competências no caso investigativo. Assim, os resultados obtidos confirmam que é possível orientar o ensino para o desenvolvimento de certas competências, através do desenho de tarefas adequadas e de uma mediação rica e variada e através de uma mediação efectiva alternando entre a orientação e a concessão de autonomia aos estudantes. Este balanço entre a orientação e autonomia não está totalmente esclarecido neste estudo e carece de mais investigação.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO

Esta proposta de investigação insere-se no contexto de várias preocupações sentidas ao nível do ensino superior. Foram explicitadas as principais no capítulo 1, da Introdução: (i) a promoção da qualidade do ensino superior a nível europeu, em geral, e em Portugal, em particular (Simão et al., 2002); (ii) o elevado insucesso escolar, traduzido em taxas de repetência e de abandono, no 1º ano de cursos de ciências e de engenharias e particularmente nas disciplinas de Matemática, Física e Química (Simão et al., 2002; Tavares et al., 2002); (iii) a necessidade de incrementar a formação da população, muito particularmente a formação científica e tecnológica, para a promoção do exercício pleno da cidadania, medida considerada fundamental por organizações como a UNESCO, o Conselho da Europa e também o Ministério da Educação e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior portugueses; (iv) a necessidade de aumentar o número e diversidade de estudos sobre e no ensino superior, que contribuam para a promoção da qualidade das aprendizagens dos estudantes.

Relativamente ao último ponto, o trabalho proposto insere-se numa linha de investigação recente em didáctica das ciências, o desenvolvimento curricular, que urge desenvolver e consolidar (e. g. Bergmann, 2009; Cachapuz et al., 2008; Paixão, Lopes, Praia, Guerra, & Cachapuz, 2008). Há muitos estudos sobre a (falta de) qualidade das aprendizagens e sobre o modo (deficiente) como se ensina, mas poucos que descrevam exaustivamente as inter-relações entre abordagens inovadoras de ensino e resultados de aprendizagem (Méheut & Psillos, 2004), o que nos motivou para a investigação proposta.

Assim, propusemo-nos encontrar alguns contributos para o problema geral de investigação: *Como promover a qualidade das aprendizagens dos estudantes, de uma disciplina do âmbito de química introdutória?* procurando respostas através de três questões de investigação:

Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*

Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*

Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*

Através das respostas às questões de investigação, tendo como objecto de estudo uma disciplina do âmbito de química introdutória de uma licenciatura do ensino 3superior, e partindo da concepção e implementação de um currículo e respectiva monitorização, e da relação das práticas de ensino em sala de aula com as aprendizagens alcançadas pelos estudantes, igualmente monitorizadas, pretende-se contribuir com resultados empíricos das práticas de ensino que permitam melhorar as aprendizagens dos estudantes em conhecimentos, competências e atitudes.

6.1. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta secção vamos fazer a discussão dos resultados obtidos e apresentados na análise do ensino e na análise dos dados relativos à aprendizagem. A finalidade desta discussão é responder às questões de investigação acima explicitadas fazendo a ligação das práticas de ensino aos resultados da aprendizagem.

6.1.1. Aspectos do desenho curricular importantes para promoverem aprendizagens de qualidade

Relativamente à investigação desenvolvida para responder à questão de investigação **Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?*** obtivemos os seguintes três resultados:

1. Quando os estudantes executam tarefas que lhes são apresentadas com as seguintes **características:**

(i) As tarefas de cariz fechado e muito estruturadas são executadas no contexto de situações reais colocadas aos estudantes;

(ii) As tarefas moderadamente abertas e moderadamente estruturadas são executadas a partir da análise de situações reais colocadas aos estudantes;

(iii) As tarefas abertas e pouco estruturadas são apresentadas sob a forma de problema a resolver;

as suas aprendizagens em termos de conhecimentos, competências e atitudes atingem níveis de qualidade mais elevados (isto é, os conhecimentos prévios evoluem para concepções mais coerentes com as aceites pela comunidade científica; as competências de elevado nível - identificação de problemas, compreensão do problema a resolver, delineamento da sua resolução - são razoavelmente desenvolvidas; a postura dos estudantes passa de passiva e receptiva para uma postura mais activa e participativa).

2. Quando os estudantes executam tarefas que lhes são apresentadas com uma **sequência** em que**:**

(i) o número de conceitos envolvidos e a complexidade da sua natureza e das suas relações é crescente;

(ii) elas se tornam gradualmente mais abertas e menos estruturadas;

(iii) as situações apresentadas e as suas modelizações têm cada vez menos informação explícita;

(iv) os obstáculos a ultrapassar são cada vez menos tipificados e menos explícitos; e

(v) a orientação dada para a sua execução é cada vez menor;

as aprendizagens dos estudantes em conhecimentos e competências atingem níveis crescentes de qualidade ao longo do ensino (níveis de elevada qualidade conceptual; desenvolvimento razoável da competência de delineamento de resolução de problemas).

3. Quando existe planificação prévia da mediação das aprendizagens dos estudantes pelo professor, em conhecimentos e competências, a usar durante a execução das tarefas, há um desenvolvimento de competências de alto nível (competências da compreensão do problema a resolver, do delineamento de resolução de problemas e da resolução de problemas).

Resultado 1

Este resultado foi obtido a partir da análise do ensino feita a episódios seleccionados da intervenção de 2004/05 e da sua ligação aos resultados da aprendizagem dos estudantes (ver secção 4.3.3.). Os episódios seleccionados abrangeram aulas dedicadas aos trabalhos práticos, apoiados ou não em fichas de trabalho com tarefas para os estudantes, e em aulas do tipo trabalho laboratorial. O ensino foi analisado em termos do objecto *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes*, da dimensão *O desenho curricular* e das categorias *Características da tarefa, Ensino que a tarefa proporciona* e *Aprendizagem que a tarefa proporciona.*

Os dados analisados permitiram-nos chegar ao resultado 1., pois constatou-se que:

• Quando as tarefas têm as características descritas em 1.(i), os conhecimentos prévios dos estudantes são mais facilmente mobilizados e as relações entre conceitos, mesmo que eventualmente também do mundo do estudante, são estabelecidas em contexto, o que cria necessidades aos estudantes no sentido da reconceptualização e/ou da reestruturação do campo conceptual.

• Quando as tarefas têm as características descritas em 1.(ii), são proporcionadas aos estudantes oportunidades para que estabeleçam relações novas entre conceitos ou aplicadas a situações novas.

• Quando as tarefas têm as características descritas em 1.(iii), a sua execução, mesmo carecendo de mediação do professor, favorece a autonomia dos processos de aprendizagem dos estudantes, o processamento de conhecimento de forma nova e a sua aplicação a situações novas.

Relativamente a este resultado, que se refere ao contributo, para a melhoria das aprendizagens, da apresentação aos estudantes de tarefas com a natureza adequada, encontramos na literatura princípios orientadores, ou resultados empíricos, que o corroboram. Assim, os resultados da nossa investigação apontam para a execução de tarefas (i) em contexto de situações reais, (ii) analisando situações reais, ou (iii) problematizando situações reais, como forma de contribuir para melhores aprendizagens, o que vem ao encontro do que defendeu Cobern (1996) ao salientar a necessidade de se levar em conta as visões do mundo que os estudantes trazem para a sala de aula, para que estes atribuam mais sentido aos novos conceitos científicos, isto é, promovendo o seu desenvolvimento conceptual. A investigação didáctica mais recente, tal como Lopes (2004) salientou, aponta para a necessidade do professor ter em conta todo o tipo de saberes prévios que os estudantes têm disponíveis, sendo, particularmente as suas concepções alternativas, uma orientação importante para o ensino, e que Garnett et al. (1995) afirmaram poderem influenciar a aprendizagem subsequente, pelo que a prática lectiva deve destacar mais o uso de estratégias de ensino que as contemplem. O trabalho de Koliopoulos e Ravanis (2000) apresentou evidências de que as aprendizagens dos estudantes melhoram usando estratégias de ensino que tomam os seus conhecimentos prévios como ponto de partida para as (re)conceptualizações. Os resultados obtidos pelos investigadores Komorek e Duit

(2004), no âmbito de um estudo piloto para o ensino de sistemas não-lineares, mostraram que os estudantes, sujeitos a estratégias de ensino dentro de um quadro de diferenciação contínua das suas concepções prévias, foram conduzidos a uma visão compatível com a ciência. Também aqui a nossa investigação evidencia que, quando as tarefas são executadas no contexto da apresentação ou da análise de situações reais, os conhecimentos prévios são mais facilmente mobilizados, tal como são facilitados o estabelecimento das relações entre conceitos, a reconceptualização e/ou a reestruturação do campo conceptual em estudo, o estabelecimento de relações novas ou a aplicação a situações novas; se as tarefas surgirem no decorrer da resolução de problemas reais, a sua execução favorece a autonomização dos processos de aprendizagem dos estudantes, o processamento de conhecimento de forma nova e a sua aplicação em situações novas.

Portanto, o resultado 1., que defende que, quando são executadas tarefas contextualizadas em situações reais, sendo aquelas de cariz fechado ou aberto, muito ou pouco estruturadas, aumenta a qualidade das aprendizagens dos estudantes, é um resultado empírico que está de acordo com os princípios orientadores defendidos na literatura e que vem reforçar outros resultados empíricos relativamente à promoção do desenvolvimento conceptual, de competências e atitudinais.

Resultado 2

Este resultado foi obtido a partir da análise do ensino feita a episódios seleccionados da intervenção de 2004/05 e da sua ligação aos resultados da aprendizagem dos estudantes (ver secção 4.3.3.). Os episódios seleccionados abrangeram aulas dedicadas aos trabalhos práticos, apoiados ou não em fichas de trabalho com tarefas para os estudantes, e em aulas do tipo trabalho laboratorial. O ensino foi analisado em termos do objecto *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes*, da dimensão *O desenho curricular* e da categoria *Sequência de apresentação das tarefas.*

Os dados analisados permitiram-nos chegar ao resultado 2., pois verificámos que, à medida que as tarefas foram sendo apresentadas segundo a sequência acima descrita, as aprendizagens dos estudantes evoluíram, desde a simples apropriação de

conceitos novos, da reconstrução dos seus significados e dos campos conceptuais em jogo e da sua aplicação em contexto, até ao estabelecimento de relações novas entre conceitos ou aplicadas a situações novas e ao delineamento de vias de resolução de problemas, processando o conhecimento de forma nova e aplicando-o a uma situação nova.

No que respeita a este resultado, que se refere ao contributo, para a melhoria das aprendizagens, da apresentação das tarefas aos estudantes com uma sequência que vai mobilizando um número crescente de conceitos e de complexidade crescente, tornando-se gradualmente mais abertas e menos estruturadas, deixando, cada vez mais, aos estudantes a responsabilidade pelas suas aprendizagens, este vem colmatar lacunas ao nível de resultados existentes na literatura, que são quase sempre:

– Estudos empíricos sobre as aprendizagens obtidas com algumas sequências de ensino, mas que não descrevem ao pormenor a concepção do desenho curricular nem analisam detalhadamente as relações existentes entre a implementação em sala de aula da sequência de ensino e os resultados da aprendizagem obtidos (Méheut & Psillos, 2004).

– Estudos generalizados sobre modos de ensino ou levantamentos alargados sobre problemas de aprendizagem, mas não estudos de caso sobre sequências de ensino ao nível do ensino superior (embora existam alguns, como por exemplo, Cravino (2004) e Silva (1999)).

– Sequências de ensino ao nível de um conceito ou de uma unidade temática, mas poucas vezes ao nível de um currículo incorporando várias unidades temáticas (Koliopoulos & Ravanis, 2000) e nem sempre implementadas ao nível de sala de aula (e. g. Komorek & Duit, 2004). A importância das sequências de ensino se estenderem ao nível macro de um currículo parece ser evidenciada por Saari e Viiri (2003), que se preocuparam com a aprendizagem da modelização dos conceitos de átomo e de molécula por estudantes do nível 7. Este trabalho mostrou que a estabilidade das aprendizagens conseguidas para o conceito em estudo (modelo) com as sequências de ensino dependia de se ter continuado ou não com abordagens de ensino de modelos de forma tradicional.

No entanto, como já foi dito acima, há alguns estudos de caso ao nível do ensino superior que obtiveram resultados com os quais são concordantes os resultantes da nossa investigação, em particular, a importância da apresentação de

sequências de ensino que vão mobilizando um número crescente de conceitos e de complexidade crescente (Cravino, 2004).

Portanto, o resultado 2. defende que, quando são executadas tarefas sequenciadas de modo a envolver conceitos em número e complexidade crescentes, cada vez mais abertas e menos estruturadas, com situações gradualmente menos modelizadas, com obstáculos cada vez menos explícitos e com uma diminuição progressiva da orientação dada, é promovida a qualidade das aprendizagens dos estudantes. Este é um resultado empírico que vem ao encontro de outros resultados, empíricos ou teóricos, obtidos em estudos de algum modo compartimentados, e que traz conhecimentos detalhados e aprofundados sobre a integração daqueles resultados ao nível (macro) de um currículo e sobre as relações entre as práticas de ensino e os resultados da aprendizagem.

Resultado 3

Este resultado foi obtido na intervenção de 2006/07, a partir da análise do ensino feita às tabelas de especificação das situações formativas que deram corpo ao desenho curricular (ver secção 5.4.2.1.), da análise dos dados relativos à aprendizagem dos estudantes, em particular, das competências C1, CE7 e CE8 (ver secções 5.5.1., 5.5.2. e 5.5.3., sobre os resultados obtidos com o Teste de competências em química, a Observação directa com grelha de observação e a Grelha de avaliação do trabalho por projecto, respectivamente) e da ligação entre as práticas do ensino e dos resultados da aprendizagem (ver secção 5.5.4.). Os dados da aprendizagem foram recolhidos em aulas do tipo trabalho laboratorial, nos trabalhos por projecto e no teste de competências. O ensino foi analisado em termos do objecto *As tarefas tal como foram apresentadas e momentos em que foram propostas aos estudantes*, da dimensão *O desenho curricular* e da categoria *Mediação planeada para usar durante a execução das tarefas.*

Os dados analisados permitiram-nos chegar ao resultado 3., pois verificámos que a existência da planificação prévia da mediação a estabelecer com os estudantes, durante os seus processos de aprendizagem, permitiu distribuir o esforço de ensino de acordo com as exigências de cada competência a desenvolver. Permitiu ainda que houvesse mais competências abordadas do que nas intervenções da primeira fase,

pelo menos tendo em conta as intervenções explicitamente delineadas *a priori*. Ou seja, o que se constatou em termos de ensino é que a mediação do professor passou a dar atenção a uma variedade maior de competências, pois as competências de mais baixo nível são mais facilmente desenvolvidas, não necessitando de tantas abordagens de ensino; por outro lado, competências de mais alto nível como, por exemplo, a da resolução de problemas dos TL, tiveram mais intervenções do professor. Portanto, este resultado mostra que a existência de uma planificação prévia da mediação facilita uma gestão mais adequada do tempo previsto a despender com as intervenções do professor, o que contribui para a melhoria da qualidade das aprendizagens (ver secção 5.5.4.). Mais especificamente, o professor pode gastar mais tempo com a mediação do desenvolvimento de competências de maior nível de complexidade, economizando tempo com as intervenções dirigidas ao desenvolvimento de competências de mais baixo nível. Por outro lado, para as competências de mais alto nível, *Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos* e *Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro,* torna-se possível incluir uma maior variedade de traços de mediação a usar.

O resultado 3., evidenciado na nossa investigação, refere-se à importância, para a melhoria da qualidade das aprendizagens dos estudantes, da mediação planeada *a priori* e enquadrada, de modo reflectido e justificado, no desenho curricular. Sobre este resultado não se encontram, na literatura, muitas evidências empíricas que o reforcem, já que habitualmente os estudos não separam a mediação planeada da mediação efectivamente colocada em prática na sala de aula, e menos ainda que relacionem a mediação planeada com os resultados da aprendizagem. No entanto, há trabalhos desenvolvidos em Portugal no ensino da física, apoiados no Enquadramento Teórico Situação Formativa (ET-SF) (Lopes, 2004), que verificaram uma melhoria da qualidade das aprendizagens dos estudantes, em conhecimentos e competências, com a incorporação no desenho curricular a implementar do planeamento da mediação a usar (Branco, 2005; Cravino, 2004; Melo, 2007; Saraiva, 2007).

Portanto, o resultado 3., que aponta para a contribuição da planificação prévia da mediação a usar pelo professor para o desenvolvimento de competências de alto nível, vem reforçar os resultados de outras investigações portuguesas relativamente à importância da incorporação deste aspecto no desenho curricular.

Discussão geral para responder a Q1

A investigação desenvolvida para responder à questão de investigação Q1 – *Que aspectos do desenho curricular são importantes para promover aprendizagens de qualidade?* obteve os três resultados apresentados e discutidos anteriormente e que voltamos a apresentar de forma sumária:

Resultado 1. – Quando são executadas tarefas contextualizadas em situações reais, sendo aquelas de cariz fechado ou aberto, muito ou pouco estruturadas, aumenta a qualidade das aprendizagens dos estudantes.

Resultado 2. – Quando são executadas tarefas sequenciadas de modo a envolver conceitos em número e complexidade crescentes, cada vez mais abertas e menos estruturadas, com situações gradualmente menos modelizadas, com obstáculos cada vez menos explícitos e com uma diminuição progressiva da orientação dada, é promovida a qualidade das aprendizagens dos estudantes.

Resultado 3. – Quando existe planificação prévia da mediação a usar pelo professor nas aprendizagens dos estudantes há desenvolvimento de competências de alto nível.

É importante salientar que o resultado 1. não significa que, se as tarefas executadas pelos estudantes tiverem as características assinaladas acima, são obtidas sempre aprendizagens de qualidade. Isto é, o resultado 1. não é uma condição necessária e suficiente para a obtenção de aprendizagens de qualidade. Portanto, este resultado não pode ser visto de forma isolada. Tal como para o resultado 1., também o resultado 2. não implica que, se as tarefas forem executadas de acordo com a sequência apresentada acima, estão garantidas aprendizagens de qualidade. E o mesmo se pode afirmar para o resultado 3.. Senão, vejamos. Um professor pode, por exemplo, distribuir aos seus estudantes um conjunto de tarefas devidamente contextualizadas em situações reais. Se o professor não tiver um papel atento no diagnóstico das dificuldades dos estudantes, de aprendizagem ou outras, e se não actuar no sentido de ajudar os estudantes a ultrapassarem os obstáculos interpostos, aqueles podem não conseguir executar as tarefas como pretendido. Portanto, desta experiência de aprendizagem poderão resultar aprendizagens de baixo nível de qualidade ou até não resultarem aprendizagens de todo. Outro exemplo pode ser o da colocação aos estudantes de um conjunto de tarefas devidamente estruturadas e

sequenciadas de modo a haver um aumento progressivo da extensão e dificuldade conceptuais, uma diminuição da modelização das situações apresentadas, um aumento da autonomia concedida aos estudantes para a execução das tarefas, entre outros aspectos já referidos. Ainda assim, poderá não haver aprendizagens de qualidade se, por acaso, as dificuldades sentidas pelos estudantes constituírem uma surpresa para o professor e/ou este não estiver preparado com intervenções devidamente planeadas para as detectar ou ajudar a superar. Ou ainda, mesmo que as tarefas tenham sido concebidas adequadamente, em termos da sua natureza e sequência, e a mediação a usar tenha sido cuidadosamente planeada, o professor poderá não saber intervir com os estudantes de modo adequado. E isto poderá dever-se à concepção de ensino do professor, em que este tem a convicção de que basta que os estudantes estejam atentos, coloquem as suas dúvidas e escutem devidamente as explicações dadas novamente. Ou poderá dever-se à crença de que se os estudantes executarem uma actividade laboratorial que envolva o conceito em estudo, do tipo seguir um procedimento descrito, o conceito fica mais claro para os estudantes.

O que importa salientar é que cada resultado obtido para responder a Q1 não pode ser tomado de forma isolada. Não, porque os resultados 1., 2. e 3. não constituem um avanço do conhecimento quando considerados de *per si*, Não, porque a nossa concepção de ensino implica uma visão holística de currículo, tanto em termos da sua fundamentação como da congregação de diversos resultados da investigação didáctica. Portanto, o que é novo é o facto de estes resultados terem sido obtidos a partir da concepção, implementação e gestão de um currículo, aplicado à totalidade de uma disciplina, e que tem em conta uma diversidade de aspectos, todos eles articulados num todo coerente e coeso (contudo, a apresentação dos resultados foi feita de forma esquematizada dada a necessidade da sua comunicação ser clara e inteligível, o que decorre também dos requisitos de qualquer investigação).

Note-se que já há algumas investigações que congregam os resultados de estudos sobre sequências de ensino e dos conhecimentos prévios. É o caso do trabalho de Koliopoulos e Ravanis (2000), que encontraram evidências de que as aprendizagens dos estudantes melhoram com a implementação de sequências de ensino que tomam como ponto de partida para as conceptualizações dos estudantes os seus conhecimentos prévios. Estes investigadores consideram determinantes para as (re)conceptualizações os conteúdos e a organização conceptual do currículo, estruturados e operacionalizados em termos de actividades didácticas. Koliopoulos e

Ravanis (2000) conceberam a sequência das actividades partindo do envolvimento de conhecimentos mais simples até conhecimentos de mais alto nível de complexidade. Os investigadores Komorek e Duit (2004) também avaliaram as sequências de ensino e de aprendizagem desenvolvidas para o ensino de sistemas não-lineares. Os resultados obtidos mostraram que os estudantes envolvidos neste estudo, sujeitos a estratégias de ensino dentro de um quadro de diferenciação contínua das suas concepções prévias, foram conduzidos a uma visão compatível com a ciência (Komorek & Duit, 2004). Portanto, os nossos resultados 1. e 2., relativos à natureza e sequência das tarefas, vem ao encontro dos obtidos por Koliopoulos e Ravanis (2000) e Komorek e Duit (2004) que integram, como já se disse, os resultados de estudos sobre sequências de ensino e dos conhecimentos prévios. O nosso estudo incorpora ainda no desenho curricular a mediação planeada, aspecto excluído daquelas investigações, mas contemplado nos trabalhos já mencionados desenvolvidos em Portugal (Branco, 2005; Cravino, 2004; Melo, 2007; Saraiva, 2007).

Outro ponto relevante a destacar é o de que os resultados 1., 2. e 3. também estão interligados com os que obtivemos para responder às questões de investigação Q2 e Q3. e que vamos apresentar de seguida, nas secções 6.1.2. e 6.1.3. Voltaremos, pois, a esta discussão.

6.1.2. Aspectos da implementação e gestão curriculares que são importantes para as aprendizagens de qualidade

Relativamente à investigação desenvolvida para responder à questão de investigação **Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?*** obtivemos os seguintes três resultados:

1. Quando a mediação do professor, relativamente às **dificuldades sentidas pelos estudantes** em executar as tarefas propostas, tem as seguintes **características:**

(i) A **comunicação** aos estudantes **dos padrões de qualidade exigidos** pelo professor é feita da **forma mais concreta possível**;

(ii) A **mediação** e a **avaliação** estão aliadas a um **desenho curricular que integra trabalhos laboratoriais**;

(iii) Há **concessão de autonomia no trabalho dos estudantes**;

os estudantes desenvolvem competências de alto nível (isto é, as competências laboratoriais – a compreensão do problema a resolver, as competências técnicas e a relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos – e a competência de elevado nível da resolução de problemas).

2. Quando a mediação do professor, relativamente à **explicitação das ligações entre conceitos,** é feita**:**

(i) através das **tarefas**;

(ii) através da **discussão aprofundada de conceitos em contexto**;

(iii) através da **apresentação de novos conceitos**;

mantendo explícito o fio de ligação entre as aulas, **é promovido o envolvimento dos estudantes na aprendizagem de conceitos científicos e a clarificação dos seus significados contextuais.**

3. Quando a mediação do professor, relativamente à **orientação dada/autonomia concedida** no trabalho dos estudantes, tem as seguintes **características:**

(i) é concedida **autonomia de forma crescente**, **diminuindo a orientação dada**, ao longo das tarefas a executar pelos estudantes;

(ii) há **alternância entre a orientação dada e a autonomia concedida** no trabalho a desenvolver pelos estudantes;

os **estudantes desenvolvem competências de alto nível (**como a compreensão do problema a resolver; a relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos; a formulação de problemas; o delineamento de um percurso de resolução de problemas; a resolução de problemas).

Resultado 1

Este resultado foi obtido a partir da análise do ensino feita a episódios seleccionados da intervenção de 2004/05 (ver secção 4.3.3.), da análise dos dados relativos à aprendizagem dos estudantes, em particular, das competências laboratoriais C1, C2 e C3 (ver secções 4.4.1. sobre os resultados obtidos com a Observação directa com grelha de observação) e da ligação entre as práticas do ensino e dos resultados da aprendizagem (ver secção 4.5.2.). Os episódios seleccionados abrangeram aulas dedicadas aos trabalhos práticos, apoiados em fichas de trabalho com tarefas para os estudantes e em aulas do tipo trabalho laboratorial. O ensino foi analisado em termos do objecto *As interacções entre a professora e os estudantes nos trabalhos práticos (TP), nos trabalhos laboratoriais (TL), no trabalho por projecto (TPP) e nas aulas de cariz expositivo*, da dimensão *A mediação da professora* e da categoria *Abordagem das dificuldades dos estudantes pela professora*.

Os dados analisados permitiram-nos chegar ao resultado 1., pois constatou-se que:

• quando a mediação tem as características descritas em 1.(i), é minimizado o período de ajustamento do desempenho dos estudantes ao padrão de qualidade exigido.

• quando a mediação tem as características descritas em 1.(ii), há desenvolvimento de competências laboratoriais, nomeadamente, a competência relacionada com a compreensão do problema a resolver, as competências técnicas e a competência relacionada com a relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos.

• quando a mediação tem as características descritas em 1.(iii), há promoção da consciencialização dos estudantes relativamente às suas aprendizagens e promoção do desenvolvimento de competências de elevado nível, como a resolução de problemas.

Relativamente ao resultado 1., no que se refere à necessidade de comunicar aos estudantes, da forma mais concreta possível, os padrões de qualidade exigidos pela professora (para que seja minimizado o período de ajustamento, àqueles, do desempenho dos estudantes), encontram-se na literatura algumas orientações neste sentido. Por exemplo, no que respeita aos TP, Hodson (2005) especifica que devem ficar esclarecidos desde o início (i) o objectivo específico daquela actividade; (ii) se se trata, globalmente, de uma actividade para *aprender ciência*, *aprender sobre ciência* ou *fazer ciência*, e (iii) o uso de conhecimento tácito que contribua para um trabalho mais bem sucedido. Também Reid e Shah (2007) defendem que, para que o trabalho laboratorial seja eficaz e efectivo, particularmente nos cursos universitários de química, devem ser definidos e comunicados, entre outros aspectos, os objectivos claros para esse trabalho, adoptando-se uma orientação de trabalho que dê continuidade ao esforço já começado a desenvolver no ensino pré-universitário no que respeita, principalmente, ao desenvolvimento das competências de pensamento e de raciocínio.

Relativamente ao resultado 1., no que se refere ao uso da mediação e da avaliação associadas com os trabalhos laboratoriais, não se encontram na literatura trabalhos referidos particularmente à associação da mediação com os trabalhos no laboratório. Por exemplo, Reid e Shah (2007) apontam para a necessidade de se conceberem trabalhos laboratoriais que incluam actividades pré-laboratoriais e pós-laboratoriais. As primeiras devem implicar a planificação prévia pelos estudantes do trabalho laboratorial, recorrendo-se por exemplo a questões de resposta aberta, o que ajuda os estudantes a mobilizar o seu conhecimento prévio e a anteverem o trabalho laboratorial que vão executar de seguida e a colocarem maior ênfase nos processos científicos e de pensamento (Reid & Shah, 2007). As actividades pós-laboratoriais devem proporcionar a aplicação das aprendizagens dos estudantes e a discussão dos resultados obtidos, se possível no âmbito de contextos reais, o que promove uma melhor compreensão do trabalho laboratorial do que os relatórios tradicionais (Reid & Shah, 2007). O nosso resultado vem corroborar a perspectiva destes investigadores quanto à concepção do TL, com a inclusão de questões prévias, de carácter aberto, e de situações de reflexão sobre o trabalho, após a sua execução.

Note-se, porém, que a nossa concepção de TL incorpora, adicionalmente, a mediação e avaliação das aprendizagens dos estudantes e dos aspectos integrantes do TL, bem como das intervenções para o gerirem, o que não é mencionado por Reid e Shah (2007). No entanto, outros investigadores têm feito a apologia de que o papel do professor na sala de aula deve centrar-se em três aspectos essenciais, o ensino, o diagnóstico e a intervenção (Driver et al., 1994), ou que é importante uma participação activa do professor na ajuda aos estudantes na construção de aprendizagens com significado (Garnett et al., 1995). Portanto, o nosso resultado vem ao encontro dos princípios defendidos por vários autores, mas integrando a mediação das dificuldades dos estudantes com uma estrutura adequada dos trabalhos laboratoriais.

Relativamente ao resultado 1., no que se refere à concessão de autonomia no trabalho dos estudantes, também este aspecto da mediação é defendido por Garnett et al. (1995), que referem que a prática lectiva deve destacar mais, entre outros aspectos, a promoção da reflexão dos estudantes sobre as suas aprendizagens (esta característica da mediação vai ser tratada de modo mais abrangente na discussão do resultado 3).

Portanto, o resultado 1., que defende que, quando os padrões de qualidade exigidos na execução das tarefas são adequadamente comunicados aos estudantes, quando a mediação e a avaliação das suas aprendizagens estão contempladas no trabalho laboratorial e quando se concede autonomia aos estudantes na execução das tarefas, são desenvolvidas competências de alto nível, é um resultado empírico que está de acordo com os princípios orientadores defendidos na literatura relativamente à promoção do desenvolvimento conceptual e de competências.

Resultado 2

Este resultado foi obtido a partir da análise do ensino feita a episódios seleccionados da intervenção de 2004/05 e da sua ligação aos resultados da aprendizagem dos estudantes (ver secção 4.3.3.). Os episódios seleccionados abrangeram aulas dedicadas aos trabalhos práticos, apoiados ou não em fichas de trabalho com tarefas para os estudantes, e em aulas de cariz expositivo. O ensino foi analisado em termos do objecto *As interacções entre a professora e os estudantes nos trabalhos práticos (TP), nos trabalhos laboratoriais (TL), no trabalho por projecto (TPP)*

e nas aulas de cariz expositivo, da dimensão *A mediação da professora* e da categoria *Explicitação das ligações entre conceitos*.

Os dados analisados permitiram-nos chegar ao resultado 2., pois constatou-se que:

• Quando a mediação tem as características descritas em 2.(i), é promovida a consciencialização da existência de ligações entre problemas ambientais e a química, o que favorece o envolvimento dos estudantes na aprendizagem dos conceitos científicos e na aprendizagem da utilidade dos conceitos químicos nos seus contextos de uso, nomeadamente, em contextos ambientais e científicos.

• Quando a mediação tem as características descritas em 2.(ii), é promovida a revisitação de conceitos prévios e a clarificação do seu significado.

• Quando a mediação tem as características descritas em 2.(iii), é facilitada a compreensão da relevância dos novos conceitos.

Relativamente ao resultado 2., que se refere à promoção do envolvimento dos estudantes na aprendizagem de conceitos científicos e na clarificação dos seus significados contextuais quando se fazem ligações entre conceitos através da tarefa, da discussão aprofundada de conceitos em contexto ou através da apresentação de novos conceitos, não se encontram muitos estudos, pelo menos com esta especificidade. No entanto, estas características da mediação são defendidas, em traços gerais, por Driver et al. (1994) e por Garnett et al. (1995), por exemplo, que como já mencionámos atrás salientam a importância da intervenção do professor na ajuda das aprendizagens dos estudantes. Estes últimos investigadores também relevam que a prática lectiva deve destacar mais, entre outros aspectos, a promoção da reflexão dos estudantes sobre as suas aprendizagens. Ora, este aspecto está implícito no nosso resultado, pois a consciencialização dos estudantes relativamente às suas aprendizagens é promovida pela aprendizagem dos conceitos científicos em contexto, pela revisitação de conceitos prévios e a clarificação do seu significado e pela compreensão da relevância dos novos conceitos em contexto científico ou outro.

Portanto, o resultado 2., que defende que o envolvimento dos estudantes na aprendizagem de conceitos científicos e na clarificação dos seus significados contextuais é promovido quando se fazem ligações entre conceitos através da tarefa, da discussão aprofundada de conceitos em contexto ou através da apresentação de novos conceitos, é um resultado empírico que está de acordo com os princípios

orientadores defendidos na literatura relativamente à promoção do desenvolvimento conceptual (e eventualmente de atitudes).

Resultado 3

Este resultado foi obtido a partir da análise do ensino feita a episódios seleccionados da intervenção de 2004/05 (ver secção 4.3.3.) e de 2006/07 (ver secção 5.4.2.), da análise dos dados relativos à aprendizagem dos estudantes, em particular, das competências C1, C3, CT1, CE7 e CE8 (ver secções 4.4.1., 5.5.1., 5.5.2. e 5.5.3., sobre os resultados obtidos com a Observação directa com grelha de observação em 2004/05, o Teste de competências em química, a Observação directa com grelha de observação em 2006/07 e a Grelha de avaliação do trabalho por projecto, respectivamente) e da ligação entre as práticas do ensino e dos resultados da aprendizagem (ver secções 4.5.2. e 5.5.4.). Os episódios seleccionados abrangeram aulas dedicadas aos trabalhos práticos, apoiados em fichas de trabalho com tarefas para os estudantes, aulas do tipo trabalho laboratorial, aulas dedicadas ao trabalho por projecto e aulas de cariz expositivo. Os dados da aprendizagem foram recolhidos em aulas do tipo trabalho laboratorial, nos trabalhos por projecto e no teste de competências. O ensino foi analisado em termos do objecto *As interacções entre a professora e os estudantes nos trabalhos práticos (TP), nos trabalhos laboratoriais (TL), no trabalho por projecto (TPP) e nas aulas de cariz expositivo*, da dimensão *A mediação da professora* e da categoria *Orientação dada/autonomia concedida no trabalho dos estudantes.*

Os dados analisados permitiram-nos chegar ao resultado 3., pois constatou-se que:

• Quando a mediação tem as características descritas em 3.(i), há uma evolução crescente do nível de qualidade atingido em qualquer das competências avaliadas e relacionadas com os TL, em particular nas competências da compreensão do problema a resolver e da relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos.

• Quando a mediação tem as características descritas em 3.(ii), há uma evolução crescente do nível de qualidade atingido nas competências da formulação de

problemas, do delineamento de um percurso para resolução de problemas e da resolução de problemas.

Relativamente ao resultado 3., este põe a tónica na alternância entre a autonomia e a orientação e/ou no aumento da concessão de autonomia e redução da orientação dada ao longo do trabalho dos estudantes. Ora, não temos dados que nos permitam defender que estes dois aspectos da mediação devem estar associados, nem o seu contrário. No entanto, a alternância entre a autonomia e a orientação parece ser uma perspectiva, em parte, semelhante à proposta por Engle e Conant (2002), que salienta a necessidade de um equilíbrio entre a autoridade concedida aos estudantes (para serem autores e produtores do seu conhecimento) e a sua responsabilidade perante os outros (em termos do respeito pelas opiniões divergentes, …). No nosso entender, a nossa posição está mais próxima das perspectivas centradas no estudante do que Engle e Conant (2002), porque consideramos que o conceito *autonomia concedida aos estudantes* é mais abrangente do que o conceito de *autoridade concedida aos estudantes* atendendo ao tipo de tarefas executadas pelos nossos estudantes (TL e TPP sob a forma de problema a resolver), o que implica uma maior responsabilidade dos estudantes na sua própria aprendizagem. Um pouco mais próxima da nossa está a posição de Scott et al. (2006), que refere que existe a necessidade de uma tensão entre a abordagem autoritativa e a abordagem dialógica, como característica fundamental das interacções comunicativas na sala de aula, o que promove a construção significativa de conceitos científicos pelos estudantes. Na nossa óptica, as perspectivas defendidas por Engle e Conant (2002) e Scott et al. (2006) e a evidenciada no nosso estudo, como vias para a promoção de aprendizagens de qualidade, dirigem-se para perspectivas cada vez mais centradas no estudante, afastando-se das perspectivas mais centradas no professor. Para que se compreenda melhor a comparação das perspectivas de mediação de Engle e Conant (2002), de Scott et al. (2006) e da nossa investigação em relação a este aspecto da mediação, referido em particular aos TL e aos TPP, apresentamos a figura 6.1. onde usamos como referência os cinco tipos de mediação identificados e descritos por Lopes et al. (2009). As perspectivas de mediação, tanto de Engle e Conant (2002) como de Scott et al. (2006), abrangem as categorias interactiva e dialógica de Lopes et al. (2009), ou seja, respectivamente, predominantes num ensino transmissivo em que os estudantes respondem a algumas questões e a tarefas simples, e num ensino há interacção dialógica com os estudantes, que respondem a tarefas e a questões abertas. A

mediação na nossa investigação estende este espectro para uma posição mais centrada no estudante, ao incorporar as interacções do professor com os estudantes numa perspectiva de resolução de problemas, ou seja, mediando o trabalho autónomo dos estudantes quando executam uma tarefa aberta.

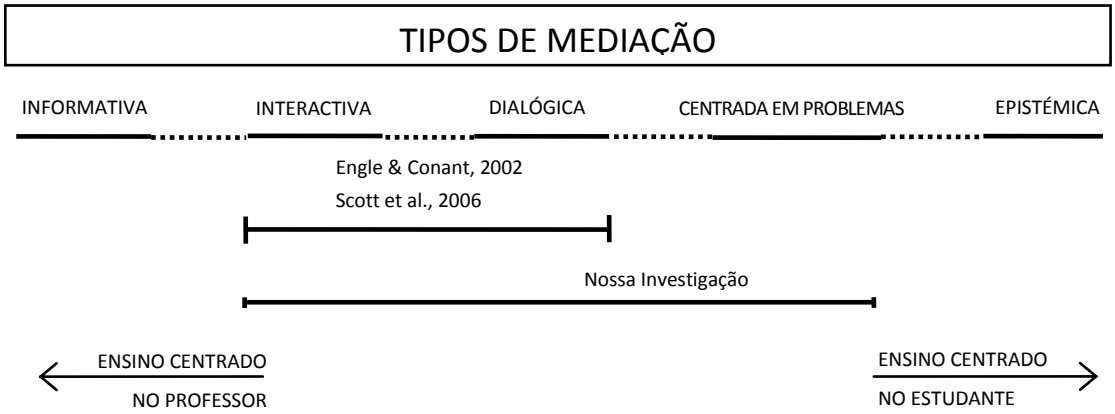


Figura 6.1 – Perspectivas de mediação de Engle e Conant (2002), de Scott et al. (2006) e da nossa investigação.

É importante salientar, contudo, que as características da mediação de Scott et al. (2006) se referem à conversação na sala de aula. No nosso caso, a autonomia *vs*. orientação é relativo à mediação posta em prática durante a execução de tarefas. Portanto, uma vez mais, a nossa investigação congrega diversos aspectos do desenho e da gestão curriculares que são, habitualmente, tratadas em separado.

Portanto, o resultado 3., que defende que a alternância entre a autonomia e a orientação dadas ao longo do trabalho dos estudantes e o aumento da concessão de autonomia e redução da orientação dada desenvolvem competências de alto nível, como a resolução de problemas, é um resultado empírico que está de acordo com os princípios orientadores defendidos na literatura relativamente à promoção de aprendizagens significativas.

Discussão geral para responder a Q2

A investigação desenvolvida para responder à questão de investigação Q2 – *Que aspectos são importantes na implementação e gestão de um desenho curricular para promover aprendizagens de qualidade?* obteve os três resultados apresentados e discutidos anteriormente e que voltamos a apresentar de forma sumária:

Resultado 1. – Quando as dificuldades sentidas pelos estudantes na execução das tarefas são mediadas pelo professor comunicando clara e oportunamente os padrões de qualidade exigidos, aliando a mediação e a avaliação a um desenho curricular que integra trabalhos laboratoriais, e concedendo autonomia no trabalho dos estudantes, são desenvolvidas competências de alto nível.

Resultado 2. – Quando se fazem ligações entre conceitos através da tarefa, da discussão aprofundada de conceitos em contexto ou através da apresentação de novos conceitos, é promovido o envolvimento dos estudantes na aprendizagem de conceitos científicos e na clarificação dos seus significados contextuais.

Resultado 3. – Quando há alternância entre a autonomia e a orientação dadas ao longo do trabalho dos estudantes e o aumento da concessão de autonomia e a redução da orientação dada, há desenvolvimento de competências de alto nível.

Uma vez mais, e tal como discutimos para a questão de investigação Q1, é importante salientar que cada um dos resultados anteriores (1., 2. e 3.) não é condição necessária e suficiente para a obtenção de aprendizagens de qualidade. Portanto, estes resultados não podem ser vistos de forma isolada. Ou seja, se por exemplo, o professor conceder aos estudantes autonomia e orientação na execução de trabalhos por projecto, mas a orientação não for adequada, a autonomia dos estudantes pode conduzi-los a desviarem-se de contextos relevantes para a aprendizagem de conceitos e competências da disciplina em estudo, ou a desenvolverem o seu trabalho como uma pesquisa bibliográfica. Por outro lado, se for proposto um trabalho laboratorial aos estudantes e *disponibilizada* uma mediação e uma avaliação adequadas das aprendizagens dos estudantes e se o trabalho laboratorial for concebido sob a forma de procedimento a seguir, muito provavelmente não serão desenvolvidas competências de alto nível.

Portanto, tornamos a destacar que os nossos resultados devem ser considerados de uma forma global, integrada, portanto, são obtidos a partir da

concepção, implementação e gestão de um currículo, aplicado à totalidade de uma disciplina, e que tem em conta uma diversidade de aspectos, todos eles articulados num todo coerente e coeso. Isto implica, então, que os resultados das questões de investigação Q1 e Q2 estão interligados na promoção de aprendizagens de qualidade. É importante referir que esta inter-relação entre a concepção do desenho curricular e a sua implementação e gestão teve como um dos pioneiros, em Portugal, A. A. Silva (1997) que fez uma abordagem global ao currículo ao integrar a evolução conceptual, os conhecimentos prévios dos estudantes, o desenvolvimento curricular e a conversação em sala de aula num todo articulado.

6.1.3. Papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens

Relativamente à investigação desenvolvida para responder à questão de investigação **Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*** obtivemos os seguintes três resultados:

1. O que permite a **mudança do papel e o desenvolvimento profissional** do professor é:

a tomada de consciência de vários aspectos relativos às circunstâncias do ensino e da aprendizagem na sala de aula (o tipo de dificuldades dos estudantes, as especificidades da implementação e da gestão do desenho curricular tomado como um todo, …), conjugada com o **aprofundamento do quadro teórico** de referência. A articulação destes dois aspectos conduziu à segunda intervenção, de forma **mais fundamentada, cuidada e detalhada**.

2. O **desenvolvimento profissional do professor** permite:

(i) A concepção de um desenho curricular, em termos de uma **rede de situações formativas,** que integra e articula **várias componentes**, em particular:

- **a)** o trabalho prático, com tarefas para os estudantes executarem;
- **b)** o trabalho laboratorial, apresentado sob a forma de resolução de problemas;
- **c)** o trabalho por projecto;
- **d)** a mediação planeada a priori;
- **e)** a articulação de traços importantes da mediação com as tarefas a propor aos estudantes.

(ii) A mediação das aprendizagens dos estudantes e a monitorização da implementação e gestão do currículo, através de:

- **a)** um conjunto de processos complexos de interacção entre a professora e os estudantes;

b) um conjunto de processos complexos de interacção entre a professora e aspectos da implementação e gestão do desenho curricular, considerados de forma sistemática.

3. Levando o **desenho curricular e a mediação a pontos mais refinados, a qualidade das aprendizagens dos estudantes aumenta.**

Resultado 1

Este resultado foi obtido a partir das reflexões feitas durante e após a intervenção de 2004/05 (ver secções 4.3.3., 5.1.1. e 5.1.2.). Em particular, destacam-se as oportunidades para reflectir sobre o papel do professor para promover a qualidade das aprendizagens dos estudantes abaixo abordadas.

Quando a professora iniciou a primeira intervenção, a sua experiência lectiva baseou-se nas suas próprias experiências de aprendizagem enquanto estudante de uma licenciatura em Química – ramo científico – e na sua experiência enquanto docente. No que respeita às suas experiências de aprendizagem, esta professora/investigadora teve, assim, como referências de ensino, os seus professores que recorriam frequentemente a um discurso do tipo expositivo. Enquanto docente, encontrou reforço nas práticas dos seus colegas (ver secção 4.1.).

Na preparação do desenho curricular, com base no Enquadramento Teórico Situação Formativa (Lopes, 2004) e nos estudos sobre contextualização do ensino (e. g. Burton et al, 1994; UNESCO, 2002, Hill & Smith, 2005), a professora seleccionou um vasto número de problemas ambientais, o que permitiria abordar um elevado número de conceitos de química introdutória e, por outro lado, permitiria abordar os mesmos conceitos em vários contextos, melhorando a qualidade das aprendizagens. Após este trabalho ter sido feito, a professora/investigadora percebeu que a abordagem dos conceitos de química seleccionados neste vasto número de contextos ambientais implicaria uma de duas situações: (i) ou a abordagem conceptual teria de ser muito superficial e correndo o risco de transformar o ensino da química em educação ambiental ou (ii) ter-se-ia de seleccionar um menor número de contextos e de conceitos a abordar para que estes pudessem ser estudados em profundidade (embora ao nível de uma química introdutória). Assim, optou-se por abordar apenas alguns

problemas ambientais que permitissem o estudo contextualizado dos conceitos centrais, e optou-se pela problemática das águas.

Na implementação/gestão do desenho curricular, em episódios das aulas que foram objecto da sua reflexão e perante dificuldades dos estudantes com a compreensão da tarefa, a professora tomou decisões de mediação (i) tarefas inicialmente abertas foram tornadas mais fechadas e estruturadas, portanto, tornou o seu ensino mais orientativo; (ii) mudou momentos previstos para a execução de certas tarefas para a sala de aula, em vez de os manter para casa; (iii) clarificou os objectivos do trabalho laboratorial, perante a não execução das tarefas prévias; (iv) resolveu mediar as aprendizagens dos estudantes previamente aos trabalhos laboratoriais, perante as dificuldades conceptuais detectadas na observação directa; (v) compreendeu ser necessário fazer a mediação das aprendizagens dos estudantes durante a observação directa para poder promover a evolução das aprendizagens e o desenvolvimento de competências.

Após as reflexões feitas ao longo da intervenção de 2004/05, de que os casos anteriores são exemplos, e o estabelecimento de ligações entre a análise do ensino e os resultados de aprendizagem obtidos, a professora pôde reflectir globalmente sobre a concepção do desenho curricular e a forma como foi fazendo a sua gestão, portanto, a mediação das aprendizagens dos estudantes e da implementação do currículo. Por outro lado, sentiu a necessidade de aprofundar o quadro teórico como via para melhorar os aspectos anteriores.

A fase que se seguiu foi por um lado, a de uma apropriação mais profunda do quadro teórico e, por outro, a da concepção do desenho curricular de acordo com o desenvolvimento da professora entretanto efectuado. Foi o aprofundamento do quadro teórico que lhe permitiu articular todos os aspectos que tinham sido experienciados com os aspectos decorrentes do quadro teórico para a concepção do currículo.

Na primeira intervenção, a concepção do desenho curricular teve em conta dois aspectos. Por um lado, a integração das várias componentes, nomeadamente, os conhecimentos a ensinar, as competências e atitudes a desenvolver, os contextos de uso dos conceitos e as tarefas, entre as quais o trabalho laboratorial. Por outro lado, a perspectivação das características gerais da mediação para auxiliar os estudantes nas suas aprendizagens. Note-se que, apesar destas preocupações estarem sempre presentes na concepção do desenho curricular e na perspectivação das mediações da

professora, este trabalho não foi feito *a priori* de modo explícito, estruturado, equilibrado (isto é, com os devidos pesos e com os devidos *timings)* e sistemático.

Foi a análise da primeira intervenção, nomeadamente no que respeita (i) às impressões dos estudantes sobre o modo de ensinar, (ii) ao desenvolvimento de competências, (iii) à qualidade dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes, (iv) às dificuldades de vários tipos dos estudantes e (v) às dificuldades sentidas pela professora (conceptuais de química, conceptuais do quadro teórico de referência, de gestão da implementação do currículo – gestão de tempo e articulação das diversas actividades lectivas – e de mediação das aprendizagens) que tornou importante a concepção de uma segunda fase de estudo. Portanto, a segunda fase do estudo impôs-se como necessária para melhor responder às questões de investigação, sendo particularmente importante para responder à Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?*, proporcionando as condições para a aquisição de mais experiência profissional pela professora, no contexto da implementação e gestão de um melhor desenho curricular.

A posição de Shank (2006) que defende que o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem na sala de aula, propícios à construção de conhecimentos pelos estudantes, beneficia do desenvolvimento de ambientes de aprendizagem para os próprios professores, está amplamente comprovada pelos nossos resultados. É importante ressaltar que a professora do nosso estudo, ao ser simultaneamente a investigadora, beneficiou de grandes vantagens relativamente a outros professores não especialistas em didáctica das ciências. Portanto, as suas aprendizagens em termos profissionais foram mais potenciadas do que seria de esperar em professores sem aquela formação. Mas estes resultados só reforçam a importância das orientações dadas pelos investigadores referidos e muito principalmente por Parke e Coble (1997). Estes autores, que envolveram professores na participação em sessões de reflexão, conjuntamente com investigadores em ciência e em didáctica das ciências (sendo assim informados das perspectivas teóricas com implicações nas práticas de sala de aula) e adicionalmente no desenvolvimento curricular, verificaram uma melhoria do desenvolvimento profissional dos professores, bem como níveis elevados de satisfação e interesse por parte dos professores e dos estudantes envolvidos.

Resultado 2

Os dados e a análise deste resultado estão apresentados na secção 5.3.1.

O desenvolvimento adquirido pela professora (ver discussão feita no resultado 1) permitiu-lhe fazer alterações importantes relativamente à elaboração do desenho curricular, nomeadamente:

(i) detalhou a rede conceptual dos conceitos centrais e dos modelos teóricos a ensinar, com a integração dos contextos de uso dos conceitos;

(ii) afinou a selecção dos conceitos a ensinar e organizou-os de forma diferente e mais detalhadamente;

(iii) seleccionou os contextos, de preferência inseridos na problemática das águas, tal como já definido na primeira intervenção, e associou-os aos contextos de uso dos conceitos e estes aos modelos teóricos e aos conceitos a ensinar para estabelecer a ligação entre os contextos de uso e as unidades didácticas. Os contextos de uso dos conceitos constituíram uma indicação clarificadora para a professora em termos dos modelos e conceitos a ensinar. Esta análise epistemológica mais cuidada e extensa foi fundamental para o trabalho desenvolvido na preparação do desenho curricular a implementar;

(iv) incluiu três novas competências a desenvolver pelos estudantes (CT6, CT7 e CT8), ou antes, explicitou-as, pois na primeira fase estas competências já estavam contempladas; reformulou ainda a competência CT1;

(v) concebeu o desenho curricular em termos de situações formativas, SF, e não de unidades curriculares, estruturadas entre si em termos de uma rede de SF. A articulação das SF em rede reflecte a forma como os conceitos de química estão organizados e hierarquizados, ou seja, há múltiplos conceitos que pertencem a vários campos conceptuais e, mesmo para um só campo conceptual, é possível abordar um conceito segundo vários ângulos. A elaboração das SF baseou-se nos princípios apresentados e discutidos na secção 2.2. do Enquadramento Teórico Situação Formativa. Ou seja, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes (integrantes do mundo do estudante), dos conhecimentos, modelos teóricos e conceitos a ensinar e das competências e atitudes a desenvolver, a professora/investigadora concebeu tarefas que, remetendo para situações químicas contextuais e usando os recursos adequados, ajudaram a planear a implementação do currículo;

(vi) integrou o trabalho por projecto (TPP) como meio estruturante das várias SF e, simultaneamente, unificador do currículo. Este tipo de metodologia de trabalho seguiu os princípios dos da resolução de problemas relacionados com problemáticas do

âmbito do ambiente, em que a química fosse um recurso fundamental para a sua compreensão e desenvolvimento. A inclusão dos TPP, além das funções estruturante das SF e unificadora do currículo, teve ainda o objectivo de contribuir para o desenvolvimento das competências de alto nível;

(vii) elaborou mais instrumentos de recolha de dados para fazer a avaliação das aprendizagens dos estudantes, do desenho curricular e da sua implementação e gestão para efeitos investigativos, ou seja, para recolher dados relativos à qualidade das aprendizagens dos estudantes e a aspectos do desenho curricular, da sua implementação e gestão.

Para a gestão do desenho curricular delineou os traços da mediação das aprendizagens dos estudantes a usar pela professora. A avaliação das aprendizagens, não estando claramente nas tabelas de especificação das SF, está implícita na mediação, uma vez que esta deve ser informada por aquela. A mediação das aprendizagens foi feita tendo em conta os conhecimentos a aprender e as competências e atitudes a desenvolver considerados relevantes e adequados à compreensão das situações contextuais em causa e os necessários e esperados para a formação química dos estudantes em causa.

Esta tomada de decisões pela professora/investigadora está de acordo com Stolk et al. (2009a), que salientam a responsabilidade da tomada de decisões como uma componente importante do desenvolvimento do professor, através da utilização de quatro estratégias: (i) facultar o acesso dos professores a unidades de ensino inovadoras e permitir-lhes trabalhar com elas; (ii) organizar reflexões sobre as práticas de ensino, (iii) fomentar a colaboração dos professores com os seus pares e supervisores; (iv) organizar a concepção de unidades de ensino inovadoras pelos professores. Ora, no caso da nossa investigação, a professora foi simultaneamente a investigadora, pelo que os pontos anteriores foram abordados de forma profunda, coesa e coerente. Assim, os pontos (i) e (ii) referidos por aqueles autores foram abordados através da fundamentação feita em termos epistemológicos, sócio-psicológicos e de resultados obtidos na investigação didáctica. O ponto (iii) foi levado a cabo através dos contactos iniciais com os responsáveis pela licenciatura e pela disciplina a ensinar e com peritos nas áreas do conhecimento envolvidas. Finalmente, o ponto (iv) foi executado ao longo do nosso trabalho investigativo, estando articulados e integrados os aspectos referidos nos pontos (i), (ii) e (iii).

No entanto, ao contrário dos resultados obtidos por Parke e Coble (1997), que verificaram que os resultados académicos dos estudantes que participaram no estudo não apresentaram diferenças significativas quando comparados como os dos estudantes dos grupos de controlo, no nosso estudo temos resultados muito encorajadores, não só por se terem desenvolvido competências mas por estas serem de elevado nível de complexidade.

Resultado 3

Este resultado foi obtido a partir da análise do ensino feita a episódios seleccionados da intervenção de 2004/05 e de 2006/07 (ver secções 5.4.2.1. e 5.4.2.2.), dos dados relativos às aprendizagens dos estudantes (ver secção 5.5. sobre os resultados obtidos com a Observação directa com grelha de observação, a Grelha de avaliação do trabalho por projecto e o Teste de competências em química) e da sua ligação aos resultados da aprendizagem dos estudantes (ver secções 5.4.2.3. e 5.5.4.).

Tal como foi dito no resultado 1., a tomada de consciência de aspectos específicos do ensino e da aprendizagem, em articulação com o aprofundamento do quadro teórico, permitiu que fossem feitas alterações na concepção do desenho curricular e na mediação das aprendizagens dos estudantes. Os aspectos destas alterações foram focados no resultado 2.. Ora, os resultados de aprendizagem obtidos com o trabalho por projecto (TPP) em três momentos ao longo do ensino (na execução da tarefa da formulação de um problema a resolver, na apresentação intercalar e na apresentação final dos TPP) e com a grelha de avaliação do TPP (GP), permitiram verificar que houve desenvolvimento das competências de alto nível da resolução de problemas (CE7) e do delineamento de percursos para resolver um problema (CE8). Estes resultados de aprendizagem foram atribuídos à vertente da mediação relacionada com a concessão de autonomia e a orientação dada ao trabalho dos estudantes que, em 2006/07, foi abordada em termos da sua alternância em função da apreciação da professora face ao que seria mais produtivo para a aprendizagem dos estudantes e, em 2004/05, em termos de um aumento da primeira e de uma redução da segunda, ao longo do ensino. Os resultados obtidos com o teste de competências (TCQ), apesar de, globalmente, não revelarem variações notórias, mostram uma melhoria importante para a competência CE7 e que é superior à verificada no caso avaliativo. No que respeita aos resultados obtidos com a observação directa dos trabalhos laboratoriais,

constatou-se uma evolução crescente dos níveis de qualidade das competências laboratoriais da compreensão do problema a resolver (C1), das competências técnicas (C2) e da relação entre o TL e os conceitos teóricos (C3), que globalmente se podem relacionar com as CE7 e CE8. Portanto, os resultados da aprendizagem obtidos com estes três instrumentos são concordantes no que respeita à melhoria das competências de alto nível referidas. Quanto à intervenção de 2004/05, os resultados da aprendizagem obtidos com a OD revelam igualmente uma melhoria ao longo do ensino das competências C1 e C3, embora o nível máximo atingido por estas fosse positivo mas baixo. Poder-se-á dizer que havendo mais dados recolhidos sobre a aprendizagem em 2006/07 do que em 2004/05 não é possível fazer comparações. No entanto, esta diferença deve-se às alterações deliberadas da professora/investigadora para obter mais dados relativos à aprendizagem e ter um desenho curricular melhor concebido, em particular no que se refere à mediação planeada *a priori*, que terá contribuído para a melhoria das competências de alto nível CE7 e CE8 (avaliadas com a observação directa, nos trabalhos laboratoriais).

Portanto, os dados analisados permitiram-nos chegar ao resultado anterior3., pois verificou-se uma evolução importante em termos da concepção do desenho curricular e da mediação, planeada ou posta em prática, do ano de 2004/05 para o de 2006/07, assim como uma evolução igualmente importante no desenvolvimento de competências de alto nível pelos estudantes. Portanto, parece-nos indissociável a melhoria das aprendizagens dos estudantes com o desenvolvimento profissional da professora/investigadora, que se concretizou numa mediação mais refinada carecendo de uma apreciação constante da professora, em particular, em termos da orientação a dar ou autonomia a conceder, e um desenho curricular mais pormenorizado, consistente e intencional

Note-se que os resultados 1. 2. e 3. são evidências empíricas dos princípios orientadores propostos por vários investigadores para o desenvolvimento profissional dos professores como via para melhorar a qualidade das aprendizagens dos estudantes. Recordemos Hodson (2005), que destaca que o professor deve ter um papel importante na resolução de imprevistos no decorrer do trabalho prático, o que requer uma adequada preparação dos professores ao nível dos objectivos a atingir, dos conhecimentos envolvidos e dos procedimentos a executar, tal como ao nível das suas intervenções para ajudar os estudantes a superarem dificuldades (Hodson, 2005). Portanto, ao nível da concepção, implementação e gestão do trabalho prático. A

preparação para o desempenho desta função complexa deve ser conseguida, segundo os resultados da investigação de Hodson, através do envolvimento dos professores num trabalho do tipo investigativo sobre o seu ensino (investigação-acção), parecendo claro que eles ficam mais preparados para ajudarem os seus estudantes a envolverem-se em aprendizagens do tipo investigativo (Hodson, 2005).

Discussão geral para responder a Q3

A investigação desenvolvida para responder à questão de investigação Q3 – *Qual o papel do professor e do seu desenvolvimento profissional na qualidade das aprendizagens?* obteve os três resultados apresentados e discutidos anteriormente e que voltamos a apresentar de forma sumária:

Resultado 1. – O que permite a mudança do papel e o desenvolvimento profissional do professor é a tomada de consciência de vários aspectos relativos às circunstâncias do ensino e da aprendizagem na sala de aula, conjugada com o aprofundamento do quadro teórico de referência. A articulação destes dois aspectos conduziu à segunda intervenção, de forma mais fundamentada, cuidada e detalhada.

Resultado 2. – O desenvolvimento profissional do professor permite a concepção de um desenho curricular, em termos de uma rede de situações formativas, que integra e articula várias componentes, e a mediação das aprendizagens dos estudantes e a monitorização da implementação e gestão do currículo, através de processos complexos de interacção entre a professora e os estudantes e entre a professora e aspectos da implementação e gestão do desenho curricular, considerados de forma sistemática.

Resultado 3. – Levando o desenho curricular e a mediação a pontos mais refinados, a qualidade das aprendizagens dos estudantes aumenta.

Voltamos a salientar que, tal como discutimos para as questões de investigação Q1 e Q2, cada um dos resultados anteriores (1., 2. e 3.) não é condição necessária e suficiente para a obtenção de aprendizagens de qualidade e, portanto, estes resultados não podem ser vistos de forma isolada. No entanto, este estudo mostrou a importância decisiva do desenvolvimento profissional para a concepção do desenho curricular e para levar em consideração, na sala de aula, a natureza complexa dos processos de mediação das aprendizagens dos estudantes.

Em particular, a primeira intervenção deu oportunidade à professora/investigadora de alcançar "um saber-fazer sólido, teórico e prático, inteligente e criativo" (Schön, 1983) que conferiu a possibilidade de agir na segunda intervenção de uma forma mais flexível com as aprendizagens dos estudantes, ou seja, permitiu uma mediação mais eficaz. Esta perspectiva do desenvolvimento profissional com base na prática profissional dos professores tem sido defendida por diversos autores (e.g. Alarcão, 1996; Butler, Lauscher; Jarvis-Selinger, & Beckingham, 2004).

A segunda intervenção permitiu à professora/investigadora reforçar os processos reflexivos, conducentes ao seu desenvolvimento profissional, durante a intervenção e posteriormente aquando da análise dos dados. Deste modo, foi possível, como mostram os resultados, desenvolver a qualidade das aprendizagens dos estudantes, nomeadamente, desenvolvendo competências que não tinham sido intencionalmente trabalhadas. Finalmente, este desenvolvimento profissional foi fundamental para a professora/investigadora poder explicitar os processos envolvidos no desenho curricular e na mediação do professor em sala de aula, em condições de serem apropriados por outros professores, nomeadamente do ensino superior.

6.2. CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES PARA O AVANÇO DO CONHECIMENTO

Os resultados obtidos permitem-nos apresentar uma reflexão sintetizada em seis pontos:

– O desenho curricular, ao integrar tarefas, de vários tipos e com várias características, e dadas a executar aos estudantes em sequências determinadas, concomitantemente com um planeamento apurado da mediação a usar, contribui para desenvolver conhecimentos e competências de qualidade.

– As competências desenvolvidas poderão ser de alto nível se as tarefas se articularem com trabalho laboratorial, apresentado sob a forma de problema a resolver, e trabalho por projecto.

– A mediação do professor é determinante na promoção da qualidade das aprendizagens dos estudantes se tiver em conta os seguintes aspectos: (i) abordar as dificuldades dos estudantes na sala de aula; (ii) estabelecer um fio condutor entre as várias componentes do currículo ao longo do ensino; (iii) alternar a orientação dada com a autonomia concedida aos estudantes na execução das suas tarefas.

– O desenvolvimento profissional do professor contribui para a melhoria da qualidade das aprendizagens dos estudantes, ao proporcionar uma concepção mais adequada do currículo e uma implementação e gestão mais flexíveis e adaptadas às necessidades dos estudantes.

– O desenvolvimento profissional é conseguido através de uma clara fundamentação sobre a construção dos conhecimentos científicos em contexto de sala de aula, sobre os modos como se processa a aprendizagem (individual e socialmente, em contextos informais ou escolares) e sobre resultados da investigação didáctica com preocupações acerca da melhoria da qualidade das aprendizagens, coerentes com os princípios epistemológicos e psicológicos adoptados.

– O desenvolvimento profissional é conseguido também através do envolvimento do professor no desenvolvimento curricular, o que melhora não só a concepção do desenho curricular mas também a performance do professor na sua implementação e gestão. Logo, as aprendizagens dos estudantes também melhoram a sua qualidade.

Portanto, este estudo contribuiu com evidências empíricas sobre a complexidade das práticas de ensino de uma forma holística, ao contrário do que tende a fazer a investigação sobre práticas de ensino que se centra preferencialmente em determinados aspectos dessas práticas. Ou seja, contribuiu com descrições pormenorizadas dos processos de ensino com relevância para a promoção de aprendizagens de qualidade. Este tipo de estudos não é muito frequente, dada a sua natureza minuciosa, extensa e complexa, no entanto, facultando conhecimento precioso acerca dos processos de ensino e de aprendizagem. Outra característica igualmente importante do nosso estudo é a sua natureza holística, dado o número e a complexidade dos aspectos a ter em conta simultaneamente, não só no desenho curricular como na sua implementação e gestão. Também este tipo de estudos não é muito habitual. No entanto, a actividade lectiva em contexto real, de sala de aula, é ainda mais complexa, pois há ainda muitos aspectos que não foram tidos em conta, principalmente se pensarmos em questões sociais, por exemplo.

Nesta ordem de ideias, o nosso trabalho trouxe contributos importantes para a didáctica das ciências, no que respeita ao seu corpo de conhecimentos, como para a sua consolidação como área disciplinar autónoma, pois baseou-se, como ponto de partida, numa fundamentação teórica estruturada, articulada e coesa em termos de conhecimentos de outras áreas científicas e dirigida à resolução de problemas específicos do ensino e aprendizagem da ciência.

Numa outra vertente, o nosso trabalho pode contribuir para ajudar outros professores de ciência, em particular do ensino superior de química, sem formação específica em didáctica das ciências ou da química, a ensinar melhor. Por outro lado, o ensino superior também forma outros profissionais, pelo que a formação dos professores do ensino superior também é fundamental na formação de profissionais competentes.

Articular todos os aspectos da concepção de um desenho curricular com as interacções mediadoras das aprendizagens dos estudantes requer, antes de mais, um professor atento e empenhado. No entanto, os seus esforços devem ir sempre no sentido de melhorar a sua performance profissional, pois mostrámos que as

aprendizagens dos estudantes melhoram os seus níveis de qualidade se o professor for também ele melhorando as suas competências diversas e complexas de ensinar.

Integrar componentes tão diversas do currículo nesta intervenção didáctica constituiu um desafio, principalmente fazê-lo ao nível de um currículo de uma disciplina de química do ensino superior. Com este estudo pudemos mostrar que é possível ensinar de outro modo e aprender doutra forma, que não os convencionais, e isto é particularmente importante, repetimos, por se tratar do nível superior de ensino.

Defendemos a importância de fomentar grupos informais de partilha de experiências e/ou convicções entre professores do ensino superior, que tantas vezes trabalham isoladamente e, de forma humilde, a partilhar também as experiências e conhecimentos, mas também as dúvidas ou receios, de professores com formação em didáctica das ciências no geral e da química, em particular, para que os nossos estudantes aprendam com qualidade.

6.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO

Este estudo tem várias limitações decorrentes de se estudar as práticas de ensino numa perspectiva holística. Este estudo gerou muitos dados o que torna difícil a sua selecção e análise. Apesar de se explicitar sempre os critérios de análise e o objecto de análise, de facto a professora-investigadora tomou várias decisões que são pessoais e dependem da sua perspectiva do ensino e da investigação. Em particular há salientar as seguintes limitações específicas:

– Limitações próprias da própria metodologia de investigação-acção que dá resultados que têm de ser analisados exaustivamente, e mais difícil se torna ao estudar o desenvolvimento profissional e caracterizar o ensino e níveis de aprendizagem não recorrendo unicamente a testes de conhecimentos, que requerem muitos registos ao longo do tempo e comparáveis;

– Dificuldades em fazer estas investigações com pré e pós testes no ensino superior, e com alterações ao nível de estratégias de ensino inovadoras, em que os estudantes desistem, faltam às aulas, mudam de curso;

Este estudo não dá respostas definitivas às questões de investigação e menos ainda ao problema geral de partida pelo que abre portas a muitas outras investigações. A título de exemplo sugerimos que seria interessante aprofundar os seguintes aspectos:

– Investigar sobre instrumentos ou metodologias mais adequadas para avaliar o desenvolvimento de competências;

– Estudar relações existentes entre ensino que use sistematicamente contextos CTS-A no ensino superior e qualidade das aprendizagens (em particular na qualidade dos conceitos aprendidos);

– Estudar diferenças de ganhos de aprendizagem entre sequências de ensino implementadas por professor/investigador e as mesmas sequências de ensino implementadas por professores não didactas, mas com (in)formação/diálogo com investigadores em didáctica das ciencias.

– Contribuir para o enriquecimento da resposta a Q3, com outras sub-questões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcão, I. (1996). Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Schön e os programas de formação de professores. In Isabel Alarcão et al. (Eds.), *Formação Reflexiva de Professores – Estratégias de Supervisão* (9-40). Porto: Porto Editora.

Amaral, F. M. B. (2005*). O ensino da Física nos cursos de Engenharia Civil e o novo paradigma do Ensino Superior Europeu: proposta curricular para as disciplinas introdutórias de Física dirigidas ao curso de Engenharia Civil.* Dissertação de mestrado não-publicada, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Arievitch, I. M., & Haenen, J. P. (2005). Connecting sociocultural theory and educational practice: Galperin's approach. *Educational Psychologist, 40* (3), 155-165.

Badillo, R. G. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista electrónica Enseñanza de las Ciencias*, *3* (3), 301-319. Recuperado em 27 de Maio, 2011, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/Numero3/ART4_VOL3_N3.pdf

Banerjee, A. C. (1991). Misconceptions of the students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education, 13*, 487-494.

Bergmann, H. (2009). Designing and assessing contextual approaches to the teaching of science and mathematics: introduction. *Science & Education, 18*, 221-223.

Besnier, J. M. (2000). *As Teorias do Conhecimento*. Lisboa: Instituto Piaget.

Bergquist, W., & Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education, 67* (12), 1000-1003.

Bodner, G. M. (1991). I have found you an argument: the conceptual knowledge of beginning chemistry graduate students. *Journal of Chemical Education, 68*, 385-388.

Branco, M. J. (2005). *Propriedades e aplicações da luz -Concepção de um currículo didáctica e epistemologicamente fundamentado e sua avaliação*. Dissertação de mestrado não-publicada, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

Brescia, F., Arents, J., Meislich, H., & Turk, A. (1988). *General chemistry* (5th ed.). New York: Harcourt Brace Jovanovich, Publishers.

Buell, P., & Girard, J. (1994). *Chemistry, an environmental perspective*. New Jersey: Prentice Hall.

Burton, G., Holman, J., Pilling, G., & Waddington, D. (1994). *Salters advanced chemistry: activities and assessment pack*. Oxford: Heinemann.

Butler, D. L., Lauscher, H. N., Jarvis-Selinger, S., & Beckingham, B. (2004). Collaboration and self-regulation in teachers professional development. *Teaching and Teacher Education*, 20, 435-455.

Buty, C., & Tiberghien, A. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyze teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education, 26* (5), 579-604.

Cachapuz, A., Praia, J., Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., & Martínez-Terrades, I. (2001). A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação, 14*, 155-195.

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

Cachapuz, A., Paixão, F., Lopes, J. B., & Guerra, C. (2008). Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso "ciência-tecnologia-sociedade". *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, *1*, 27-49.

Caldeira, C., Valadares, J., Neves, M., Vicente, M., & Teodoro, V. (2003). *Sustentabilidade na Terra (Ciências Físicas e Naturais, Componente de Ciências Físico-Químicas, 3º Ciclo do Ensino Básico)*. Lisboa: Didáctica Editora.

Calvo, D., Molina, M. T. & Salvachúa, J. (2001). *Ciencias da Terra e do Medio Ambiente*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Canavarro, J. M. (1999). *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora.

Carvalho, L. H. M. (1996). *Trabalhos Práticos de Química Analítica II*. Série Didáctica – Ciências Puras, 13. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Chang, R. (1998). *Chemistry* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.

Cheung, D. (2009). Using think-aloud protocols to investigate secondary school chemistry teachers' misconceptions about chemical equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice, 10*, 97-108.

Cobern, W. W. (1996). Worldview theory and conceptual change in Science Education. *Science Education, 80* (5), 579-610.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2001). *Research Methods in Education* (5th ed.). London: Routledge.

Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching, 27* (5), 429-445.

Coll, R. K., & Chapman, R. (2000a). Choices of Methodology for Cooperative Education Researchers. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education, 1* (1), 1-8.

Coll, R. K., & Chapman, R. (2000b). Evaluating Service Quality for Cooperative Education Programs. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education, 1* (2), 1-12.

Cravino, J. P. (2004). *Ensino da física geral nas universidades públicas portuguesas e sua relação com o insucesso escolar. Caracterização do problema e desenho, implementação e avaliação de uma intervenção didáctica.* Tese de doutoramento não-publicada, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila real, Portugal.

Cravino, J. P., & Lopes, J. B. (2003). La enseñanza de física general en la universidad. propuestas de investigación. *Enseñanza de las Ciencias, 21* (3), 473-482.

Cros, D., Chastrette, M., & Fayol, M. (1988). Conceptions of second year university students of some fundamental notions in chemistry. *International Journal of Science Education, 10*, 331-336.

Cros, D., Maurin, M., Amouroux, R., Chastrette, M., Leber, J., & Fayol, M. (1986). Conceptions of first-year university students of the constituents of matter and the notion of acids and bases. *European Journal of Science Education, 8*, 305-313.

Dekkers, P. J. J. M., & Thijs, G. D. (1998). Making productive use of students' initial conceptions in developing the concept of force. *Science Education*, *82* (1), 31-51.

Dirren, G. (1980). *Laboratory Experiments for Chemistry 108*. Champaign, Illinois: Stipes Publishing Company.

Driver, R., Asoko, H., Leach, L., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom*. Educational Researcher, 23* (7), 5-12.

Dykstra, D. I., Boyle, C. F., & Monarch, I. A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education, 76* (6), 615-652.

Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Intuition, 20*, 399-484.

Erduran, S., Adúriz-Bravo, A., & Naaman, R. M. (2007). Developing epistemologically empowered teachers: examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education, 16*, 975-989.

Erickson, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. *In* B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education* (pp. 1155 1173. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Figueiredo, M. G., Peixoto, F., & Marques, C. (2004). *Exercícios e Problemas de Química Geral – Lista de objectivos*. Série Didáctica – Ciências Puras, 32. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Furió, C., Calatayud, M. L., Bárcenas, S. L., & Padilla, O. M. (2000). Functional fixedness and functional reduction as common sense reasonings in chemical equilibrium and in geometry and polarity of molecules. *Science Education, 84*, 545-565.

Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education, 64* (8), 695-697.

Garnett, Patrick. J., Garnett, Pamela. J., & Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education, 25*, 69-95.

Garnett, Pamela J., Garnett, Patrick. J., & Treagust, D. F. (1990). Implications of research on students' understanding of electrochemistry for improving science curricula and classroom practice. *International Journal of Science Education, 12*, 147-156.

Garnett, Pamela J., & Treagust, D. F. (1992a). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and the oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching, 29*, 121-142.

Garnett, Pamela J., & Treagust, D. F. (1992b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching, 29*, 1079-1099.

Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofia de las ciencias al dessarollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciências, 11* (2), 197-212.

Gil-Pérez, D., Furió-Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Martinez-Torregrosa, J., Guisásola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M., & Pessoa de Carvalho, A. M. (1999). Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias, 17* (2), 311-320.

Gil-Pérez, D., Fernández, I., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação, 7* (2), 125-153.

Gil-Pérez, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Carvalho, A., Torregrosa, J., Salinas, J., Valdés, P., González, E., Duch, A., Dumas-Carré, A., Tricárico, H., & Gallego, R. (2002). Defending constructivism in science education. *Science & Education, 11*, 557-571.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education, 66* (4), 623-633.

Gussarsky, E., & Gorodetsky, M. (1990). On the concept "chemical equilibrium": the associative framework. *Journal of Research in Science Teaching, 27*, 197-204.

Griffiths, A. K. (1994). A critical analysis and synthesis of research on students' chemistry misconceptions. In Schmidt H. J. (Ed.). *Problem solving and misconceptions in chemistry and physics* (pp. 70-99). The International Council of Associations for Science Education (ICASE).

Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching, 29* (6), 611-628.

Gruender, C. D., & Tobin, K. (1991). Promise and prospect. *Science Education, 75* (1), 1-8.

Hackling, M. W., & Garnett, Patrick**.** J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education, 7* (2), 205-214.

Haenen, J. (2001). Outlining the teaching-learning process: Piotr Gal'perin's contribution. *Learning and Instruction, 11*, 157-170.

Hawkes, S. J. (2004). Chemistry is NOT a laboratory science. *Journal of chemical Education, 81*, 1257.

Hill, A. M.; Smith, H. A. (2005). Problem based contextualized learning. In S. Alsop, L. Bencze and E. Pedretti (Eds.). *Analyzing exemplary science teaching*. Maidenhead: Open University Press.

Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education, 14* (5), 541-566.

Hodson (2005). Teaching and learning chemistry in laboratory: a critical look at the research. *Educación Química, 16* (1), 60-68.

Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education:Research and Practice, 5* (3), 247-264.

Howard, A. D. (1998). *Aquatic environmental chemistry*. New York: Oxford University Press.

Hubber, P. (2006). Year 12 students' mental models of the nature of light. *Research in Science Education, 36* (4), 419-439.

Izquierdo, M. (1996). Relación entre la Historia y la Filosofia de la Ciencia y la Enseñanza de las Ciencias. *Alambique, Didactica de las Ciencias Experimentales, 8*, 7-21.

Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education, 12*, 27-43.

Jones, L., & Atkins, P. (2002). *Chemistry: Molecules, Matter, and Changes*, 4th edition. New York: W. H. Freeman and Company.

Kabapinar, F., Leach, J., & Scott, P. (2004). The design and evaluation of a teaching-learning sequence addressing the solubility concept with Turkish secondary school students. *International Journal of Science Education, 26* (5), 635-652.

Kelly, A. E., & Lesh, R. A. (Eds.) (2000). *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Kirschner, P., Vilsteren, P., Van-Hummel, H., & Wigman, M. (1997). The design of a study environment for acquiring academic and professional competence. *Studies in Higher Education, 22* (2), 151-171.

Klopfer, L. E. (1983). Research and the crisis in science education. *Science Education, 67* (3), 283-284.

Koliopoulos, D., & Ravanis, K. (2000). Élaboration et évaluation du contenu conceptuel d'un curriculum constructiviste concernant l'approche énergétique des phénomènes mécaniques. *Didaskalia, 16*, 33-56.

Komorek, M., & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education, 26* (5), 619-633.

Kruse, R. A, & Roehrig, G. H. (2005). A comparison study: Assessing teachers' conceptions with the chemistry concepts inventory. *Journal of Chemical Education, 82* (8), 1246-1250.

Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education*, *84* (1), 71-94.

Leach, J., & Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science and Education, 38*, 115-142.

Leach, J., & Scott, P. (2003). Learning Science in the Classroom: drawing on Individual and Social Perspectives. *Science and Education, 12* (1), 91-113.

Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. V. Caetano & M. G. Santos (Orgs.), *Cadernos Didácticos de Ciências* (Vol. 1, pp. 77-96). Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (DES).

Lesh, R. A.; Kelly, A. E. (2000). Multitiered teaching experiments. In A. E. KELLY, R. A. LESH (Eds.) *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 197-230). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Lopes, J. B. (2004). A*prender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Lopes, J. B. (2009). Situação Formativa – um enquadramento teórico para promover a qualidade do Ensino de Ciências Físicas. In J. Bonito (Org.), *Ensino, Qualidade e Formação de Professores* (pp. 147-165). Évora: Universidade de Évora.

Lopes, J. B., Cravino, J. P., Branco, M. J., Saraiva, E., & Silva, A. A. (2008a). Mediation of student learning: dimensions and evidences in science teaching. PEC 2008 - *Problems of Education in the 21st Century*; 9 (9), 42-52.

Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J. P., Costa, N., Marques, L., & Campos, C. (2008b). Transversal traits in science education research relevant for teaching and research: a meta-interpretative study. *Journal of Research in Science Teaching, 45* (5), 574-599.

Lopes, J. B., Cravino, J. P., Viegas, C., & Marques, C. M. (2009). Formative Situation: a framework for fostering teaching and learning basic sciences in Engineering. In R. Roy (Ed.) *Engineering Education – Perspectives, issues and concerns* (pp. 186-223). Delhi: SHIPRA Publications.

Malm, L. E. (1980). *Manual de laboratório para química, uma ciência experimental* (2th ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Marín, N., Benarroch, E., & Jiménez-Gómez, E. (2000). What is the relationship between social constructivism and Piagetian constructivism? An analysis of the characteristics of the ideas within both theories. *International Journal of Science Education, 22* (3), 225-238.

Marques, C. M. C., Lopes, J. B., & Carvalho, M. J. P. (2005a). *Avaliação das actividades experimentais*. In Seminário Operacionalizar a Avaliação. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: Vila Real, 18 de Abril de 2005.

Marques, C. M. C., Lopes, J. B., & Carvalho, M. J. P. (2005b). Desenvolvimento de competências de Química no ensino universitário: uma experiência de inovação no currículo. In XI Encontro Nacional de Educação em Ciências e I Encontro de Educação para uma Nova Cultura da Água. Porto. ESE do Instituto Politécnico do Porto: Porto, 21 a 23 de Setembro de 2005.

Marques, C. M. C., Lopes, J. B., & Carvalho, M. J. P. (2005c). *Mediação do trabalho prático de Química no ensino universitário: uma experiência de integração no currículo*. In VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, Educación científica para la ciudadanía. ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona: Granada, 7 al 10 de Septiembre de 2005.

Marques, C. M. C., Lopes, J. B., & Carvalho, M. J. P. (2005d). *Trabalho prático, avaliação e classificação*. *Workshop* In Seminário Operacionalizar a Avaliação. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: Vila Real, 18 de Abril de 2005.

Marshall, C., & Rossman, G. B. (1999). *Designing Qualitative Research*. Thousand Oaks: Sage Publications.

Martín, J., & Solbes, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en física. *Enseñanza de las Ciências, 19* (3), 393-403.

Martins, A. F. P. (2006). *Algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard à pesquisa em ensino de ciências. X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.* Recuperado em 27 de Maio, 2011, de http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/x/atas/resumos/T0066-1.pdf

Matthews, M. R. (1993). Constructivism and science education: some epistemological problems. *Journal of Science Education and Technology, 2* (1), 359-370.

Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias, 12* (2), 255-277.

Matthews, M. R. (2000a). Construtivism in science and mathematics education. In D. C. Phillips (ed.), *National Society for the Study of Education, 99th Yearbook* (pp. 161-192) Chicago: University of Chicago Press. Recuperado em 27 de Maio, 2011, de http://www.msme.us/2008-1-7.pdf

Matthews, M. R. (2000b). Editorial. *Science & Education, 9*, 491-505.

Mathison, S. (1988). Why triangulate? *Educational Researcher, 17* (12), 13-17.

McComas, W. F., Clough, M. P., & ALmazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In McComas, W. F. (ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 3-39). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McDermott, L. C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics – other sciences: the need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics, 58* (8), 734-742.

McLellan, A. L. (1984). *Guia do professor para química, uma ciência experimental.* Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Mellado, V., & Carracedo, D. (1993). Contribuiciones da la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de la Ciencias, 11* (3), 331-339.

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education, 26* (5), 515.

Melo, O. (2007). *Estudo do papel das tarefas na aprendizagem de ciências físicas no ensino básico*. Dissertação de mestrado não-publicada, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

Mendonça, L. S., Dantas, M. C., & Ramalho, M. D. (2003). *Terra Mãe CFQ: sustentabilidade na Terra* (Ciências Físico-Químicas, 3º ciclo). Lisboa: Texto Editora.

Mestre, J. P. (2000). Progress in research: the interplay among theory, research questions and measurement techniques. In A. E. Kelly, R. A. Lesh (Eds.) *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 151-168). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Mulford, D. R., & Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. *Journal of Chemical Education*,*79* (6), 739-744.

Niaz, M., & Lawson, A. E. (1985). Balancing chemical equations: The role of developmental level and mental capacity. *Journal of Research in Science Teaching, 22* (1), 41-51.

Novack, J. D. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias, 6* (3), 213-223.

Novick, S., & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education, 62* (3), 273-281.

Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter. A cross-age study. *Science Education, 65* (3), 187-196.

Nussbaum, J., & Novick, J. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: towards a principled teaching strategy. *Instructional Science, 11*, 183-200.

Ogude, A. N., & Bradley, J. D. (1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education, 71* (1), 29-34.

Osborne, J. (1996). Beyond constructivism. *Science Education, 80* (1), 53-82.

Paixão, F., Lopes, B., Praia, J., Guerra, C., & Cachapuz, A. (2008). Where are we? A contribution to a better understanding of the state of the art in science education research. *Journal of Science Education, 9* (1), 4-8.

Parke, H. M., & Coble, C. R. (1997). Teachers designing curriculum as professional development: a model for transformational science teaching. *Journal of Research in Science Teaching, 34* (8), 773-789.

Pedrosa, H., Sousa F., N., Teixeira-Dias, J., & Watts, M. (2005). Organizing the Chemistry of question-based learning: a case study. *Research in Science & Technological Education, 23* (2), 179-193.

Pedrosa, M. A., & Dias, M. H. (2000). Chemistry textbook approaches to chemical equilibrium and student alternative conceptions. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 1*, (2), 227-236.

Peterson, R. R., & Treagust, D. F. (1989). Grade 12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education, 66* (6), 459-460.

Peterson, R. R., Treagust, D. F., & Garnett, P. **(**1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 26*, 4, 301 – 314.

Pinarbasi, T., Sozbilir, M., & Canpolat, N. (2009). Prospective chemistry teachers' misconceptions about colligative properties: boiling point elevation and freezing point depression. *Chemistry Education Research and Practice, 10*, 273-280.

Pinto, H. C., Carvalho, M. J., & Fialho, M. M. (1998). *Técnicas Laboratoriais de Química III*. Lisboa: Texto Editora.

Polman, J. L., & Pea, R. D. (2001). Transformative communication as a cultural tool for guiding inquiry science. *Science Education, 85*, 223-238.

Praia, J., Cachapuz, A., & Gil-Pérez, D. (2002). Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação, 8* (1), 127-145.

Psillos, D., & Kariotoglou, P. (1999). Teaching fluids: Intended knowledge and students' actual conceptual evolution. *International Journal of Science Education, 21* (1), 17-38.

Ramsden, P. (1991). A performance indicator of teaching quality in higher education: the Course Experience Questionnaire. *Studies in Higher Education, 16* (2), 129-150.

Raviolo, A., & Garritz, A. (2009). Analogies in the teaching of chemical equilibrium: a synthesis/analysis of the literature. *Chemistry Education Research and Practice, 10*, 5-13.

Reid, N., & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, 8* (2), 172-185.

Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex cearning: the mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences, 13* (3), 273-304.

Roldão, M. C. (1999). *Gestão curricular – fundamentos e práticas*. Lisboa: Ministério da Educação.

Roldão, M. C. (2003). *Gestão do currículo e a avaliação de competências*. Lisboa: Editorial Presença.

Rocha, I., & Vieira; D. F. (2000). *Água*. Porto: Porto Editora.

Rodier, J. (1984). *L'analyse de l'eau* (7th ed.). Paris: Dunod.

Ross, B., & Munby, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: a study of high-school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education, 13* (1), 11-23.

Saari, H., & Viiri, J. (2003). A research–based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh–grade students. *International Journal of Science Education, 25* (11), 1333-1352.

Santos, M. E. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula – um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.

Saraiva, E. (2007). *Desenvolvimento de um currículo de ciências físicas do ensino básico centrado em situações formativas e estudo de aspectos relativos à linguagem gráfica.* Dissertação de mestrado não-publicada, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

Schmidt, H.-J. (1990). Secondary school students strategies in stoichiometry. *International Journal of Science Education, 12* (4), 457-471.

Schmidt, H.-J. (1992). Conceptual difficulties with isomerism. *Journal of Research in Science Teaching, 29* (9), 995-1003.

Schmidt, H.-J. (1994). Stoichiometric problem-solving. *International Journal of Science Education, 16* (2), 191-200.

Schmidt, H-J., Kaufmann, B., & Treagust, D. F. (2009). Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. *Chemistry Education Research and Practice, 10*, 265-272.

Schön, D. (1983). The reflective practitioner: how professionals think in action. New York: Basic Books.

Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education, 90*, 605-631.

Shakhashiri, B., Haight, JR. G. P., Hanson, M. P., & Dirren, G. E. (1979). *Manual for Laboratory Investigations in General Chemistry.* Champaign, Illinois: Stipes Publishing Company.

Shank, M. J. (2006). Teacher storytelling: a means for creating and learning within a collaborative space. *Teaching and Teacher Education, 22*, 711-721.

Shepardson & Britsch, (2006) – Zones of interaction: Differential access to elementary science discourse. *Journal of Research in Science Teaching, 43*, 443–466.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harward Educational Review, 57*, 1-22.

Silva, A. A. (1997). *Uma modelização didáctica social-construtivista e ecológica.* Tese de doutoramento não-publicada, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Silva, A. A. (1999). *Didáctica da Física. Perspectivas centradas na natureza da evolução conceptual*. Porto: Edições ASA.

Simão, J. V., Santos, S. M., & Costa, A. A. (2002). *Ensino Superior: uma visão para a próxima década*. Lisboa: Gradiva Publicações.

Simões, T. S., Saraiva, E. C., Queirós, M. A., & Simões, M. O. (1993a). *Técnicas laboratoriais de química – bloco I*. Porto: Porto Editora.

Simões, T. S., Saraiva, E. C., Queirós, M. A., & Simões, M. O. (1993b). *Técnicas laboratoriais de química – bloco II*. Porto: Porto Editora.

Skoog, D. A., West, D. M., & Holler, F. J. (1996). *Fundamentals of analytical chemistry* (7th ed.). New York: Saunders College Publishing.

Stolk, M. J., Bulte, A. M. W., de Jong, O., & Pilot, A. (2009a). Strategies for a professional development programme: empowering teachers for context-based chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 10*, 154-163.

Stolk, M. J., Bulte, A. M. W., de Jong, O., & Pilot, A. (2009b). Towards a framework for a professional development programme: empowering teachers for context-based chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 10*, 164-175.

Suchting, W. A. (1992). Constructivism deconstructed. *Science & Education, 1* (3), 223-254.

Summerlin, L. R., & Ealy, J. L. Jr. (1993). *Demonstrações de química: um livro de consulta para professores* (Vol.1, 2th ed.). Lisboa: Sociedade Portuguesa de Química.

Tan, K. C. D., Goh, N. K., Chia, L. S., & Treagust, D. F. (2002). Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching, 39* (4), 283-301.

Tavares, J., Santiago, R. A., & Lencastre, L. (2002). *Insucesso no 1º ano do ensino superior: um estudo no âmbito dos cursos de licenciatura em ciências e engenharia na universidade de Aveiro*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Teixeira-Dias, J. J. C., Pedrosa, H. J., Souza, F. N., & Watts, M. (2005). Teaching for quality learning in chemistry. *International Journal of Science Education, 27* (9), 1123-1137.

Tiberghien, A. (1985). Quelques éléments sur l'evolution de la recherche en didactique de la physique. *Revue Française de Pédagogie, 72*, 71-86.

UNESCO (2002). Teaching and Learning for a Sustainable Future. Recuperado em 27 de Maio, 2011 de, http://www.unesco.org/education/tlsf/

Viegas, C., Lopes, J. B., & Cravino, J. P. (2009). Incremental Innovations in a Physics Curriculum for Engineering Undergraduates. *INNOVATIONS World Innovations in Engineering Education and Research 15*, 175-186.

Viennot, L. (1997). Former en didactique, former sur le contenu? *Didaskalia, 10*, 75-96.

Vygotsky, L. S. (2001). *A Construção do Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fonte Editora.

Webb, P. (1992). Primary science teachers understandings of electric-current. *International Journal of Science Education, 14* (4), 423-429.

Weil-Barais, A., & Dumas-Carré, A. (1998). Les Interactions Didactiques, Tutelles et/ou Médiation. In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais, (Eds.). *Tutelle et Médiation dans l'Éducation Scientifique*. Bern: Peter Lang.

Wheatley, G. H. (1991).Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education, 75* (1), 9-21.

Wheeler, A. E., & Kass, H. (1978). Student misconception in chemical equilibrium. *Science Education, 62* (2), 223-232.

White, R. (1997). Trends in research in science education. *Research in Science Education, 27* (2), 215-221.

White, R. T, & Gunstone, R. F. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education, 11* (5), 577-586.

Williams, I. (2001). *Environmental chemistry: a modular approach*. Chichester: Wiley.

Wilson, K., Lizzio, A., and Ramsden, P. (1997) The Development, Validation and Application of the Course Experience Questionnaire. *Studies in Higher Education*, 22(1), 33-53.

Ziman, J. (1994). The rationale of STS education is in the approach. In J. Solomon & G. Aikenhead (eds.), *STS Education – International perspectives on reform* (pp. 21-31). New York: Teachers College Press.

ANEXOS

ANEXO I

Fichas de Trabalho (primeira fase do estudo)

Ficha de trabalho n.º 1

Na aula anterior falou-se, entre outros assuntos, de inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente. Leia atentamente o texto *Tecnologias e Sociedade* (anexo) e responda às questões seguintes, após discussão em grupos de 2 alunos. No início da próxima aula, devolva o texto com as respostas do seu grupo.

1. Destaque, sublinhando, **5** frases ou trechos do texto onde haja referências claras à tecnologia/avanços tecnológicos. Identifique-os com a letra **T**.
2. Destaque, sublinhando, **5** frases ou trechos do texto onde haja referências claras a efeitos da tecnologia na sociedade. Identifique-os com a expressão **T→S**.
3. Destaque, sublinhando, **1** frase ou trecho do texto onde haja referências claras a efeitos da tecnologia na ciência. Identifique-o com a expressão **T→C**.
4. Destaque, sublinhando, **2** frases ou trechos do texto onde encontre expressas relações entre a tecnologia e a sociedade (ou seja, nos dois sentidos). Identifique-os com a expressão **T↔S**.
5. Descreva uma situação que conheça, em que tenham sido evidentes as relações e a interdependência entre o ambiente e/ou a ciência e/ou a tecnologia e/ou a sociedade.

ANEXO

TECNOLOGIAS E SOCIEDADE *

Sónia Gomes da Silva (Jornalista de Tecnologias)

Ano de 1992. VAX, sala de computadores do Instituto Superior Técnico. Um amigo de infância expunha as maravilhas da tecnologia. Conversava com um professor universitário do Brasil, também ele numa sala de computadores de uma universidade do outro lado do Atlântico. Política, ciência, preocupações nacionais diárias escorriam no monitor.

- Que maravilha! Podem pensar em conjunto, trocar tanta informação, em tão pouco tempo, sem a pressão fiduciária imposta pelos telefonemas de longa distância ou as viagens. A distância não existe.

- Que bom seria se todos nós tivéssemos acesso a este equipamento. O que não faríamos, o que evoluiríamos e como? Para onde?

Saíamos do VAX impressionados e imersos em pensamentos sobre o papel da ciência e da tecnologia nas nossas vidas.

Ano de 1996, Lisboa.

- Porque não me envias um *e-mail* em vez de cartas? É mais rápido. Em segundos recebo as tuas palavras e em minutos terás as minhas.

- Como é isso possível? O que é o *e-mail*?

Na sala de computadores da faculdade alguém marcava o seu primeiro encontro com a Internet. Céptica e atribulada navegação. O programa mIRC estava pronto a permitir a comunicação com pessoas de todo o mundo e em tempo real. Diversão e aprendizagem. Chegava a hora de tomar a decisão final. Adquirir uma pequena caixa cor-de-laranja, cuja teia negra nela gravada simbolizava o prenúncio do futuro. Uma vez instalada obtinha-se o primeiro endereço de *e-mail* de um prestador de serviços de Internet. Pedia-se ajuda aos amigos para aprender a enviar *e-mails*.

- Olá Pedro! Como estás? Espero que esta mensagem te chegue. (…)

Escoceses, brasileiros, americanos, cidadãos do mundo predispunham-se a ensinar a utilizar a Internet ou a conceber páginas *web*, em tempo real.

Utilizavam outros nomes que não os próprios, apaixonavam-se, casavam-se e praticavam sexo virtual, entendiam-se, desentendiam-se, divertiam-se, trocavam músicas e imagens, tinham regras de conduta e de boas maneiras naquele espaço, marcavam encontros nas cidades onde residiam e compravam bilhetes de avião para se conhecerem pessoalmente. Houve quem se conhecesse pessoalmente e se casasse, houve quem viajasse para se encontrar com a sua "cara-metade" e, no percurso, conhecesse outra pessoa por quem se apaixonaria. Era também um combate à solidão.

O número de páginas pessoais na Internet aumentava, assim como a quantidade e a diversidade de *websites* temáticos, A estética, a programação e as técnicas de comunicação desenvolviam-se tão rápido quanto o número de convivas aumentava neste espaço apelidado de virtual. O real e o virtual misturavam-se e afectavam-se mutuamente.

Os pioneiros da rede queixavam-se da "saúde social" da Internet. Esta já não era o que me havia sido permitido presenciar no VAX. Tudo o que era negativo cá fora invadia a rede e esta evoluía diariamente com os mais diversos contributos de quem nela penetrava. Para o bem e para o mal.

Ano de 1998, Califórnia. Os artigos na imprensa transbordavam sonhos de foro económico e das maravilhas do comércio electrónico e da Internet. Raros eram os cépticos. Iríamos todos enriquecer e as nossas vidas iriam mudar. Vivia-se a euforia dos *bits*. Nasciam fortunas a um ritmo quase diário, a bolsa andava animada. O nível de conhecimentos informático ditava o nosso salário.

Quem não soubesse utilizar um computador não encontraria um emprego bem remunerado com facilidade. A mão-de-obra no sector da informática escasseava em todo o mundo e as migrações dos qualificados intensificava-se. Vinham da Índia, de diferentes estados americanos, do Leste da Europa, desde que tivessem o conhecimento necessário eram bem vindos e pagos a peso de ouro. Bastava realizar um curso específico de programação ou sobre uma aplicação e triplicavam-se ou quadruplicavam-se os rendimentos.

Com os amigos locais, recorríamos à gratuita Microtimes todas as semanas. Nela descobríamos os preços mais baixos dos componentes necessários para montar computadores a preços incrivelmente baixos para vender e ensinar quem não tinha capacidade financeira para investir em tecnologia ou educação. Eram os info-excluídos. Só tinham acesso à Internet e ao potencial

que a informática trazia, a título pessoal ou profissional, com uma deslocação à biblioteca mais próxima, se tivessem tempo ou um lugar vago para a ela aceder.

O acesso à rede era grátis. O prestador de serviços de acesso à Internet oferecia a chamada telefónica e o utilizador recebia publicidade em troca - que podia ignorar. O que interessava era navegar e utilizar aquele novo instrumento para comunicar, vender, comprar, aprender ou ensinar.

O teletrabalho fluía através das traduções, da concepção de *websites*, das vendas e as novas sinergias de trabalho ultrapassavam o uso do *e-mail* com aplicações *peer-to-peer*, como o Yahoo Messenger ou o ICQ. Para quê gastar dinheiro em telefone ou perder tempo a sair da cadeira quando basta clicar no botão de um pequeno programa para escrever ou questionar alguém?

Convenções de segurança e de informática como a DefCon, em Las Vegas, tornavam-se "comerciais". Oriundos dos mais diversos pontos do globo chegavam milhares de produtores de código, aprendizes de feiticeiro e feiticeiros, com a marcada presença do FBI. O lançamento de novo software constituía um quadro arrepiante. Como se de um mega-espectáculo de música se tratasse, as multidões transbordavam as portas de um pavilhão gigantesco e seguiam as palavras de "ordem" dos Cult of The Dead Cow com o lançamento do BackOriffice. Era a luta contra o software proprietário (pago), contra a insegurança nestes residente, em prol da partilha da informação e do conhecimento a custo zero. Eram esses os personagens que, vestidos de negro e com estilos de vida fora da nossa imaginação e de qualquer filme de ficção, viviam no submundo das redes e conferiam um ritmo acelerado ao desenvolvimento tecnológico. Eram os seguidores e alimentadores do *open source* (código aberto), de sistemas operativos como o Linux e o Unix, que colocavam em perigo a sobrevivência dos gigantes da indústria de software, como a Microsoft ou a IBM, ao procurarem, em conjunto, oferecer programas estáveis e seguros ao cidadão e às organizações. Eram também aqueles que os destruíam e destruíam os sistemas das organizações. À vista, pareciam todos iguais. Diferenciavam-se pelo conhecimento, pela aplicação que dele faziam, pela consciência, pela atitude social. Era a troca da informação. Mas eram todos metidos no mesmo saco, erradamente, e chamavam-nos de *hackers*.

O conhecimento das manifestações por Timor em Portugal chega através do *e-mail*, das comunidades portuguesas *online* e das páginas na Internet. Traduzia a quem me rodeava o que era quase intraduzível pela dimensão emocional que assumira no nosso país. A Indonésia entrava assim no discurso e nos diálogos de uma pequena comunidade multicultural, multi-étnica, no Sul da Califórnia. Afinal, a imprensa generalista americana não libertava a Monica Lewinski nem o

Bill Clinton das primeiras páginas. Na fila do supermercado emergiam queixas e desabafos entre clientes sobre este facto quando observavam os títulos junto da caixa e o tempo de imagens que recebíamos do "exterior" cingia-se a casos como o de um Hooligan nu, pendurado num candeeiro da nebulosa cidade londrina, ou de um sujeito da Formosa que se casara com uma boneca Barbie.

A Internet já expunha outras realidades que nos eram limitadas pelos media nacionais. Mas a censura assumia uma posição mais negra em países como a China, a Turquia, o Irão ou a Arábia Saudita que limitavam o acesso à informação ao fecharem dezenas de cibercafés, ao proibirem a entrada de menores de 16 anos nesses espaços da informação ou ao bloquearem o acesso a sítios noticiosos como a BBC tornando-os alvo de censura, tal como já o faziam sobre os seus media nacionais. O presidente Hafez Assad foi mais longe ao resistir fortemente à introdução das tecnologias (faxes, telefones, TV por satélite e Internet) na Síria. Entretanto, os Estados Unidos lançavam-se na filtragem da informação para proteger as crianças de *websites* impróprios para a sua idade. Alguns grupos de cibernautas discutiam sobre os malefícios do Carnivore e do Echelon, quer como uma afronta à privacidade individual quer como uma afronta ao comércio e direito internacionais.

As manifestações contra a globalização, contra o aumento do desemprego provocado pelas novas tecnologias, insurgiram-se com Seattle. Os conhecimentos de cada um de nós aumentava consoante navegávamos ou partilhávamos informação. O acesso à Internet por banda larga, ADSL, tornava-se grátis.

Ao longo destes anos a sede do conhecimento e a aplicação do mesmo assumiu aspectos tão benéficos quanto pérfidos. O plágio (académico ou não), a espionagem, as guerras políticas, os ataques a sistemas de organizações comerciais, governamentais e sem fins lucrativos, os ataques a computadores de utilizadores individuais, o crime organizado, as redes de pedofilia, a prostituição, a xenofobia também fazem uso deste mundo suportado pela tecnologia. Da mesma maneira assistimos ao combate dos males sociais por parte de Governos, de organizações e de especialistas das mais diversas áreas do saber. No entanto, o único trunfo que não têm é a mesma facilidade e rapidez de acção. O antagonista é cada vez mais elaborado nas técnicas que utiliza e a legislação e sua aplicação difere consideravelmente de país para país. Um crime pode ser praticado no México a partir de um computador na Holanda. A polícia da Internet emerge como mais uma solução de combate ao crime.

Ano 2000, Lisboa. O nosso atraso é nítido. O mercado é pequeno e o acesso à Internet grátis, na realidade, é pago, Afinal, sempre se pagava a chamada telefónica para ter acesso à informação. O tempo de navegação aumenta, e o custo também, porque a rapidez da transferência de dados é mínima. Mas ainda é possível estar em contacto com o mundo e, acima de tudo, com "liberdade".

As empresas avançam lentamente para este espaço. Os meios de pagamento, o serviço e a rapidez de atendimento deixam muito a desejar. Os preços de concepção de *websites* comerciais são incrivelmente elevados. Os recursos humanos para os conceber e manter são escassos. Os jornais e as revistas apresentam casos de sucesso e de insucesso. As expectativas caíram com a perdida promessa de um rápido El Dorado. Os modelos de negócio na Internet alteram-se. A Internet torna-se, aos nossos olhos, como apenas mais um meio de comunicação.

Questões como a da info-exclusão afectam não só quem não tem capacidade financeira para se ligar à rede, como aqueles que sofrem de deficiências físicas ou não têm conhecimento para utilizar um computador ou qualquer outro dispositivo que lhe garanta a presença e o acesso à informação.

A comunicação entre informáticos e profissionais de diversas áreas torna-se difícil pela falta de conhecimentos destes últimos sobre as tecnologias. A imprensa especializada, as conferências e os seminários procuram dar resposta para combater esta gafe.

As grandes empresas de tecnologias dão início à incorporação do *open source* nos seus produtos. A convergência de tecnologias outrora díspares e incomunicáveis entre si anuncia a alteração dos nossos processos de trabalho.

Ano 2003, Lisboa. A mobilidade é a nova moda, o novo passo da sociedade da informação. Do acesso à Internet através de um computador, passamos a aceder-lhe através de um telemóvel ou de uma televisão. Isto é, os que lhe têm acesso.

O preço a pagar pela iliteracia informática ou pela falta de informação atempada, utilizando-a como um instrumento, revela-se elevado para as empresas e para os indivíduos. Entrámos na globalização, numa renhida competição com países mais avançados ou em vias de desenvolvimento. Quem não tem o conhecimento e quem tem e não o gere ou não o utiliza, é ultrapassado pela concorrência. E a concorrência também está na profissão. É esta a mensagem que nos é transmitida diariamente. Ou acompanhamos e fazemos parte deste célere "comboio" ou ficamos para trás.

Entretanto, circulam *e-mails* com imagens de pessoas desaparecidas ou com necessidades de apoio à sua saúde, com matrículas das novas viaturas da polícia e de esquemas para se livrarem dos bloqueadores de rodas e das multas, com anedotas, com difamações. Com campanhas empresariais fictícias, com bons anúncios publicitários, com promessas de se cumprirem desejos se enviarem esse *e-mail* a mais "dez pessoas" da sua lista de contactos, com alertas de vírus, com vírus, com abaixo-assinados sobre questões humanitárias e culturais (como a corrente de *e-mails* e de assinaturas para manter a RTP2 viva ou a de um clique por dia para combater a fome), com mensagens universais de amizade e de amor. Com assuntos de trabalho ou de projectos, com convites, com as imagens de um novo membro de uma família que mal se visita pelo ritmo de vida que nos é imposto, com preços de avião fantásticos para conhecermos um mundo já bebido através da televisão, da imprensa ou da própria Internet.

A informação dos media tem continuidade nos *websites*. Os *blogs*, diários pessoais na Internet, saíram da esfera do cibernauta "desconhecido" e hoje já espelham o pensamento de políticos, jornalistas e demais profissionais - veja-se o exemplo de José Pacheco Pereira em www.abrupto.blogspot.com, em www.estudossobrecomunismo.blogspot.com, e entre outros os de João Pereira Coutinho em http://cultura-estupido.blogspot.com, ou em www.colunainfame.blogspot.com.

O grande projecto que é a Sociedade da Informação, permitiu a criação da Universidade Electrónica (www.e-u.pt). Algumas empresas, como a Vodafone, criam pequenas acções pontuais de combate à info-exclusão através dos seus colaboradores. Empresas como a Microsoft disponibilizam formação gratuita para desempregados em parceria com empresas como a Rumos, ou projectos como o "Mão na Mão", que pretendem criar um movimento empresarial de voluntariado capaz de permitir a concessão aos trabalhadores de participarem em acções dedicadas a uma causa social.

A Internet tornou-se num palco de guerra, de partilha, de apoio e de desenvolvimento social, político, económico, cultural, científico …diria humano? Estreitou distâncias e abriu horizontes. Deixou de ter uma conotação meramente virtual no momento em que mudou as nossas vidas no "mundo real", sob todas as formas. Convivemos com elas diariamente sem nos apercebermos. A tecnologia é o motor deste novo formato da pequena-grande Aldeia onde vivemos. O seu impacto não incide somente sobre os privilegiados que a ela têm acesso. Incide sobre todos nós.

* Extraído da revista CAIS, nº 77, Junho de 2003.

Ficha de trabalho n.º 2

Veja atentamente o programa *Ambiente e Crescimento Demográfico* do filme *Educação Ambiental* da Universidade Aberta (leia previamente o questionário para que possa estar mais atento durante o visionamento do filme). Se entender necessário, vá registando ideias-chave das mensagens transmitidas no filme.

Leia atentamente o texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental* (anexo).

Em grupos de 3 ou 4 alunos, discuta e responda às questões seguintes.

1. Considere o filme que visionou.
   a) Refira pelo menos 5 problemas ambientais, à escala global, que conheça.
   b) A partir do século XVIII, ocorreu uma transformação irreversível na sociedade, que mudou as condições de vida das populações e iniciou a exploração intensiva dos recursos fósseis e minerais. A que acontecimento se refere esta afirmação?

2. Atente agora no texto fornecido.
   a) Que problemas ambientais terá originado a caça massiva do elefante africano? E a sua total proibição? Qual a sua opinião quanto a permitir a sua captura para limitar o seu número e fomentar a utilização da sua carne, da sua pele e dos seus dentes?
   b) Com que modelos de desenvolvimento se podem comparar cada uma das três opções referidas na questão anterior?

3. Que modelos de desenvolvimento estão patentes no filme? Explique.

4. Muitos dos problemas ambientais têm origem antropogénica (i.e., na actividade humana), particularmente devido a usos que a sociedade faz da ciência e da tecnologia. Indique 3 casos concretos de avanços científicos e/ou tecnológicos que estejam na origem de problemas ambientais e descreva, sucintamente, estas relações em cada exemplo.

5. Qual o papel (ou papéis) que lhe parece que a Química, como ciência, desempenha na problemática ambiental?

ANEXO

DIFERENTES ALTERNATIVAS À PROBLEMÁTICA AMBIENTAL *

Face aos problemas ambientais gerados pelo aumento demográfico, o esgotamento dos recursos e o aumento da poluição ambiental, podem adoptar-se três tipos de postura política: *exploração incontrolada*, *conservacionismo sem concessões* e *desenvolvimento sustentável* (Fig.1).

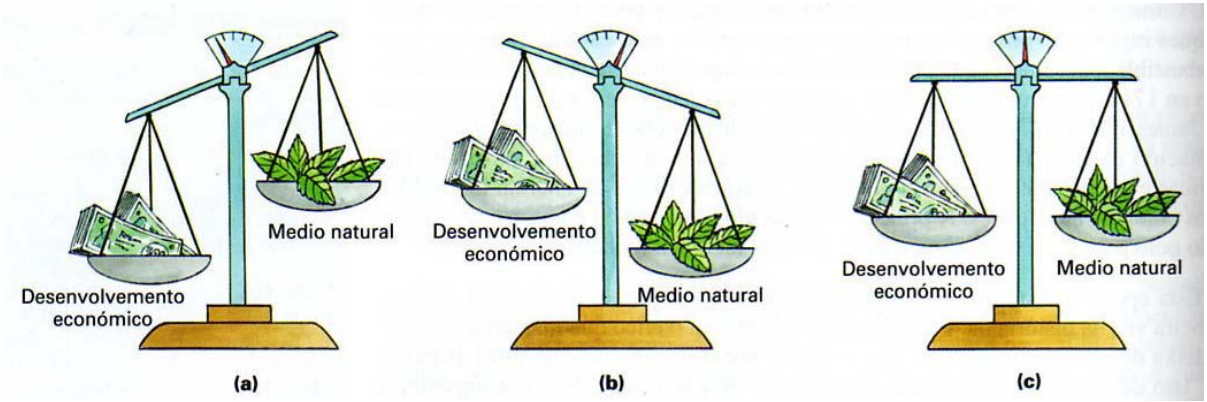


Fig. 1 – Modelos de desenvolvimento: **(a)** Exploração incontrolada (ganha o desenvolvimento económico). **(b)** Conservacionismo sem concessões (ganha o meio natural). **(c)** Desenvolvimento sustentável (equilíbrio entre o desenvolvimento económico e o meio natural).

***Desenvolvimento**: é um processo mediante o qual aumenta o bem-estar individual e colectivo, de forma qualitativa e quantitativa. Portanto, por si só não é indesejável, a não ser que esteja acompanhado de uma deterioração ambiental. O desenvolvimento implica uma melhor educação, mais emprego, mais saúde, mais justiça, mais liberdade, mais democracia, menos discriminação e menos pobreza. A conclusão é que desenvolvimento e meio ambiente não devem ser conceitos que se excluam mutuamente.*

Exploração Incontrolada

É uma das consequências da industrialização. Baseia-se na geração de riqueza e de bens de consumo que promovam um crescimento (ou desenvolvimento) económico sem ter em conta a degradação do meio natural. Neste modelo, supõe-se ilimitada a energia proveniente dos combustíveis fósseis.

Mas o certo é que se trata de recursos limitados, cujas reservas são, de dia para dia, de mais difícil acesso e que requerem muita energia para a sua extracção. Os recursos fósseis são finitos, poluem, alteram os ciclos naturais e, portanto, não se pode manter um crescimento económico sustentado à custa deles. Existem sérias ameaças de que o seu limite está próximo. E o que acontecerá quando se esgotarem? Então, paralisar-se-á o crescimento económico e sobrevirá o seu declínio e o seu colapso. A solução que se propõe com este tipo de política é a procura de outros tipos de recursos para a sua exploração.

Conservacionismo sem concessões

A diminuição das reservas de muitos recursos não renováveis (como os recursos fósseis e os recursos minerais), a limitação dos renováveis (como a água), o número de espécies em perigo de extinção, o aumento da poluição e o esgotamento das terras pela expansão agrícola converteram-se em sérias ameaças. Pouco a pouco, por todo o mundo começou a tomar-se consciência do preço que estávamos a pagar pelo progresso económico. Esta preocupação foi alvo de discussão na **Conferência da Assembleia Geral da ONU de Estocolmo,** em 1972 (primeira conferência das Nações Unidas sobre Ambiente). Nela, pela primeira vez, ficou claro que a única maneira eficaz de abordar os problemas ambientais é de um ponto de vista global, isto é, à escala planetária e não mediante políticas isoladas. No entanto, deu-se uma clivagem profunda entre os países: os industrializados ou ricos (do Norte) e os não industrializados ou pobres (do Sul). Estes últimos forneciam matérias-primas e compravam os produtos transformados ao Norte.

A dialéctica Norte-Sul tornou-se muito difícil, pois tinham problemas diferentes. Os países ricos preocupavam-se com a poluição devida à sua industrialização e começaram a valorizar o meio natural, como fonte de benefícios para a saúde. Por outro lado, começaram a duvidar de dois postulados básicos da sua fase de desenvolvimento industrial: o da omnipotência do homem (que solucionaria qualquer problema com os avanços tecnológicos) e o da ideia de que a Natureza é indestrutível (capaz de suportar qualquer impacte). Aos países pobres (ou em vias de desenvolvimento) interessava-lhes desenvolver-se economicamente para erradicar a pobreza da sua crescente população e para atenuar a sua ruína económica, devida a uma sempre crescente dívida externa.

Assim, os países industrializados propuseram travar o desenvolvimento, ou seja, *conservacionismo sem concessões*, cujo objectivo era travar o avanço económico para evitar danos no ambiente, proteger o meio natural com medidas restritivas e evitar a superpopulação e o esgotamento de recursos. Estas medidas eram viáveis para eles, visto terem atingido níveis elevados de desenvolvimento. No entanto, não interessavam, de modo algum, aos países pobres, que lutavam pelos recursos básicos com os quais pretendiam manter a sua população crescente e que procuravam um desenvolvimento económico, ao estilo do Norte, para os seus próprios países.

Hoje em dia, o conservacionismo sem concessões não convence praticamente ninguém.

Desenvolvimento sustentável

A destruição do meio ambiente pode significar o fim do bem-estar económico e só os projectos de desenvolvimento compatíveis com o meio natural produzem benefícios duradouros.

Uma atitude inovadora face ao ambiente foi apresentada, em 1987, no Relatório Brundtland produzido pela Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento. Neste documento, intitulado *O nosso futuro comum*, define-se *Desenvolvimento sustentável* como "(...) o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras verem, de igual modo, satisfeitas as suas próprias necessidades". As duas palavras que compõem a designação deste modelo de desenvolvimento juntam o desenvolvimento económico de todas as nações (*desenvolvimento*) ao cuidado com o meio ambiente, para que possa manter-se para as gerações futuras (*sustentável*).

Uma sociedade sustentável controla o seu crescimento económico, a poluição, o esgotamento de recursos e o tamanho da sua população para que não exceda a capacidade da Natureza para manter a população sem deteriorar nem hipotecar as possibilidades das gerações futuras.

Em 1987, uma grande parte dos governantes mundiais assinou o **Protocolo de Montreal**, que visou alcançar-se uma redução de 50 % no uso de clorofluorocarbonetos (CFCs), substâncias destruidoras da camada de ozono, até 1999.

Na **Cimeira do Rio de Janeiro**, ou **Cimeira da Terra,** em 1992 (conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento), colocou-se este conceito numa Declaração de Princípios (Carta à Terra, pp. 343) e concretizou-se no documento chamado **Agenda 21**, no qual se expõem as estratégias necessárias para atingir o desenvolvimento sustentável no século XXI. Estas estratégias baseiam-se numa gestão global, sem fronteiras nem diferenças entre os países, em erradicar a pobreza, em equiparar o nível de vida de todas as pessoas, em gerir melhor os recursos e na protecção dos ecossistemas. Os países ricos comprometeram-se a reduzir o seu consumo energético e a poluição e a destinar 7 % do seu produto interno bruto para proporcionar um desenvolvimento sustentável ao Sul. Este, por sua vez, ficou de proteger as suas florestas e criar condições para o seu desenvolvimento sustentável com o financiamento proporcionado pelo Norte que, longe de ser o estipulado, se viu reduzido nos últimos anos.

Posteriormente, em 1997, realizou-se a **Conferência de Quioto**, onde se debateu o problema das alterações climáticas e que conduziu ao protocolo sobre a redução das emissões dos gases que contribuem para o efeito de estufa.

Em 2002, teve lugar a **Cimeira da Terra de Joanesburgo**. Desta cimeira saíram dois documentos: um **Plano de Acção** e a **Declaração de Joanesburgo sobre o Desenvolvimento Sustentável**, que dão conta das formas de conciliar o crescimento económico, a luta contra a pobreza e o desenvolvimento do terceiro mundo com a preservação ambiental do planeta. Embora os discursos dos líderes mundiais tenham sido inflamados, aqueles ficaram reduzidos a compromissos vagos e frágeis, por não se terem traduzido em metas e acções concretas.

Continuam agendados novos encontros internacionais, o que demonstra o empenho de muitos países em procurar soluções para os actuais problemas ambientais.

Segundo Herman Daly, economista e ex-director do Banco Mundial de Desenvolvimento (pertencente ao Conselho Económico e Social das Nações Unidas), há três propostas para a consecução de um desenvolvimento sustentável relativamente ao uso dos recursos:

1. Que a taxa de consumo dos recursos renováveis seja igual ou inferior à taxa de renovação dos mesmos.
2. Que se racionalize o consumo de recursos não renováveis e que se empreguem parte dos benefícios gerados pelo seu consumo na investigação e desenvolvimento de fontes de recursos renováveis eficazes, que possam substituir os não renováveis quando estes começarem a escassear.
3. Que o aumento de poluição não exceda a capacidade de assimilação do mesmo por parte do meio.

Para evitar ultrapassar a capacidade de sustentação da Terra e poder sobreviver de uma forma digna, temos de aprender a viver dos seus *lucros* em vez do seu *capital*. Os do Norte devem limitar o consumo de recursos por pessoa e os do Sul têm de aumentá-los até atingir uma melhor qualidade de vida. Simultaneamente, há que conseguir um controlo demográfico nos países onde seja necessário.

Resumindo, devemos viver em equilíbrio com os sistemas naturais dos quais dependemos. E, em contraste com a Revolução Industrial, que se baseou na sobreexploração dos recursos não renováveis, devemos dirigir os nossos esforços para conseguir outros recursos energéticos de menor impacte ambiental. Desta forma, o futuro tratará de comprovar se somos capazes de fazer com que a economia mundial seja sustentável relativamente ao meio ambiente. Se isto se conseguir, teremos uma revolução ambiental, que produzirá uma maior segurança económica, modos de vida mais saudáveis e uma melhoria mundial da qualidade de vida.

* Adaptado de Calvo, Diodora; Molina, M.ª Teresa; Salvachúa, Joaquín (2001). *CIENCIAS DA TERRA E DO MEDIO AMBIENTE 2º Bacharelato*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Ficha de trabalho n.º 3

Há pouco, leu várias notícias, ou excertos, sobre águas contaminadas: *Partido ecologista denuncia contaminação de poços por duas fossas no concelho de Cinfães*, *Ministério do Ambiente garante vontade de resolver poluição do rio Alviela*, *Nova descarga de efluentes suinícolas no rio Lis*, *Descarga de dejectos suínos* e *Peixes mortos na lagoa* (anexo).

Em situações como as descritas nas notícias referidas, são frequentemente usadas expressões como "contaminada", "poluída", "imprópria para consumo", relativamente à qualidade de águas. Noutras situações, é comum dizer-se "água pura". Mas, o que significam, do ponto de vista químico, estas expressões?

Antes de mais, é importante conhecer o que pensa acerca daquelas expressões. Numa folha à parte, responda individualmente às seguintes questões (registe *um nome* e a data).

1. Se observar, a olho nu, uma amostra de água "pura", o que pensa que detecta? (*pense nos seus sentidos...*).
2. Imagine que conseguia olhar para o interior de uma gota de água "pura". Faça um esquema, legendado, da imagem que pensa que veria.
3. Se observar, a olho nu, uma amostra de água "contaminada", ou "poluída", o que pensa que detecta?
4. Imagine que conseguia olhar para o interior de uma gota de água "contaminada", ou "poluída". Faça um esquema, legendado, da imagem que pensa que veria.

ANEXO

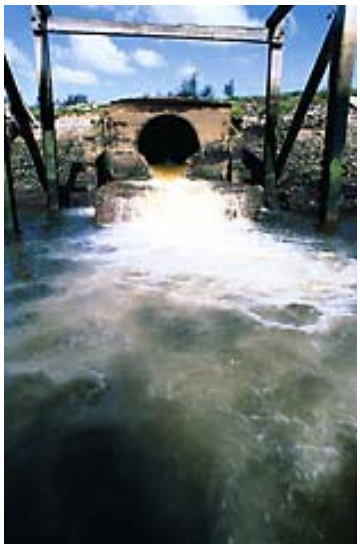
«O Partido ecologista "Os Verdes" alertou hoje para a existência de duas fossas que alegadamente estão a contaminar a água de poços particulares no Lugar de Santa Isabel, freguesia de Travanca, no concelho de Cinfães. Celso Ferreira, que integrou uma delegação do partido que hoje se deslocou ao local, disse que as fossas - que servem o jardim-de-infância e o polidesportivo - "atingem muito rapidamente o estado de saturação e os resíduos saem para fora". Referiu ainda que "os moradores queixam-se que, além do cheiro nauseabundo, isso tem estado a contaminar as águas dos seus furos, como foi comprovado por análises em alguns deles, que revelaram estarem impróprias para consumo". Na sua opinião, trata-se de "um duplo atentado", por questões ambientais e "porque pode trazer consequências negativas para a saúde da população que consome a água desses furos, uma vez que não existe rede pública de abastecimento". O dirigente de "Os Verdes" critica ainda "a formação dos técnicos da câmara que hoje estavam a esvaziar as fossas e que pretendiam depois lançar os resíduos para o rio"».

Excerto da notícia ***Partido ecologista denuncia contaminação de poços por duas fossas no concelho de Cinfães***, de 29-09-2004 – Lusa.
www.ecosfera.publico.pt/noticias2003/noticia3578.asp (15-10-2004)

«A Junta de Freguesia de Vaqueiros, Santarém, disse hoje que recebeu garantias de empenho por parte do Ministério do Ambiente na resolução da poluição do rio Alviela (...)» resultante «(...) dos efluentes das indústrias de curtumes de Alcanena, uma das principais fontes de poluição do curso de água. O rio sofre com as deficiências da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Alcanena - obra iniciada nos anos 80, e que nunca foi concluída, para tratar os efluentes das unidades de curtumes - e a falta de financiamento para as corrigir. À conta deste mau funcionamento, são feitas descargas directas para a ribeira dos Carvalhos, que desagua no Alviela. No dia 19 deste mês, 130 pessoas percorreram as margens do rio - que nasce em Olhos d'Água e desagua no rio Tejo - para pedir soluções, uma marcha de dez quilómetros organizada pelo partido ecologista "Os Verdes". Em Junho e Julho, milhares de peixes apareceram mortos no rio. Na altura, o partido ecologista denunciou um "verdadeiro atentado ambiental"».

Excerto da notícia ***Ministério do Ambiente garante vontade de resolver poluição do rio Alviela***, de 25-09-2004 – Lusa.
(www.ecosfera.publico.pt/noticias2003/noticia3558.asp, 15-10-2004).

«Uma descarga de efluentes de origem suinícola foi efectuada na madrugada de hoje na Ribeira dos Milagres, afluente do rio Lis, em Leiria, contaminando este curso de água.



Segundo um morador da freguesia dos Milagres, "o rio apresenta um cheiro insuportável" e uma "cor escura", sinal de uma forte carga poluidora de origem orgânica. Habitualmente, muitos empresários esperam pelos fins-de-semana para descarregar dejectos suinícolas na Ribeira dos Milagres, localizada numa zona de forte implantação deste tipo de indústria, mas a descarga de hoje "foi superior às das últimas semanas". Há duas semanas, uma descarga de grandes dimensões, causada por um acidente na ETAR da empresa Promorpec, contaminou o rio Lis e obrigou à interdição dos banhos na Praia da Vieira.» Esta descarga «aconteceu na madrugada de domingo quando uma alegada avaria no equipamento de tratamento da empresa Promortec resultou no despejo de cerca de cem mil metros cúbicos de dejectos líquidos e sólidos de suínos na ribeira dos Milagres, um afluente do rio Lis. Pelo curso natural das águas, a praia da Vieira, na Marinha Grande, é o local onde começa a desaguar a poluição proveniente da suinicultura e, como medida de precaução, foi interdita a banhos e assim deverá permanecer até que as análises da água assim o permitam. Comerciantes e popu-



lares estão revoltados com a decisão da autarquia em interditar a praia da Vieira alegando tratar-se de uma medida abusiva já que os efeitos da descarga não foram tão negativos como inicialmente se pensava. Dizem ainda que as consequências deste acidente são inferiores às verificadas noutras ocasiões.»

Adaptado da notícia ***Nova descarga de efluentes suinícolas no rio Lis***, de 06-07-2003 – Lusa (www.ecosfera.publico.pt/noticias2003/noticia2504.asp, 15-10-2004) e da notícia ***Descarga de dejectos suínos***, de 16-06-2003 – Lusa. (sic.sapo.pt/index.php?article=22200&visual=-1&id=0&print_article=1, 10-07-2003).



MORTANDADE
O Milhares de peixes, de diferentes espécies, apareceram mortos, na noite do último domingo, 6, na Lagoa de Melides

MELIDES

Peixes mortos na lagoa

São milhares os peixes de várias espécies (robalos, linguados, douradas, enguias, solhas, peixes-rei, salmões ruivos) que apareceram mortos, na Lagoa de Melides, Grândola, na noite do último domingo, 6. Uma tragédia ecológica que levou a Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território do Alentejo (DRAOTA) a interditar os banhos nas praias de Melides e Costa de Santo André e a levantar a Bandeira Azul que ambas as praias exibiam.

Para renovar a água e o oxigénio da lagoa e garantir a sobrevivência dos peixes que restam, as autoridades mandaram abrir um canal para o mar, destinado a permitir o cruzamento das águas. Na terça-feira, 8, eram já visíveis os efeitos desta medida: «A lagoa está bem, está muita água do mar a entrar, os caudumes começam a recuperar», afirmou à Lusa Pinto Leite, responsável pela DRAOTA.
O alerta para esta mortandade piscícola na Lagoa de Melides, que está integrada na Rede Natura 2000, foi dado pela Quercus, que afirmou tratar-se de um dos maiores desastres ambientais ocorridos no concelho de Grândola. Pinto Leite, por seu lado, disse suspeitar que, na origem do acidente, esteja algum produto químico utilizado na agricultura: «Até ao momento, todas as causas são especulação. Não parece ser crime, mas sim um acidente provocado por um químico devido a más práticas agrícolas.»

Extraído da revista **VISÃO**, nº 540, de 10 a 16 de Julho de 2003.

Ficha de trabalho n.º 4

Leia os textos baseados em notícias sobre o afundamento do cargueiro Nautila e do petroleiro Prestige (anexo A). Em grupos de 3 ou 4 alunos, discuta e responda às questões 1 e 2.

De seguida, leia o texto sobre forças intermoleculares (anexo B). Discuta e responda, em grupo, às restantes questões.

1. Os dois textos do anexo A referem-se ao afundamento de dois navios e ao derrame, nas águas do Oceano Atlântico, das substâncias que transportavam. Indique duas diferenças entre as substâncias transportadas pelos dois navios (pense em termos de efeitos ambientais e numa diferença de comportamento em meio aquoso).
2. Que conhecimentos químicos precisa de ter para explicar as diferenças de comportamento em meio aquoso das duas substâncias em causa?
3. Quais são as forças intermoleculares entre as unidades básicas que constituem os seguintes pares de espécies químicas?

   a) HBr e H_2S

   b) Cl_2 e CBr_4

   c) I_2 e NO_3^-

   d) NH_3 e C_6H_6

4. Indique os tipos de forças intermoleculares que existem entre as unidades básicas das seguintes espécies:

   a) LiF

   b) CH_4

   c) SO_2

5. Indique quais destas espécies podem formar ligações de hidrogénio com a água:

   CH_3OCH_3, CH_4, F^-, HCOOH e Na^+

6. Quais das seguintes espécies são capazes de formar ligações de hidrogénio entre si?

   a) H_2S

   b) C_6H_6

c) CH_3OH

7. Indique, em cada par das substâncias seguintes, qual espera ser mais solúvel em água:

a) KCl e CCl_4

b) CH_3COOH e $CH_3CH_2CH_2COOH$

8. Explique, em termos de forças intermoleculares, qual das substâncias derramadas (pelo Nautila ou pelo Prestige) espera ser mais solúvel em água.

Anexo A

A 11 de Junho de 2003, o cargueiro *Nautila*, que estava a sair de Lisboa rumo a Casablanca (Marrocos), ficou à deriva e afundou a cerca de cinco milhas de Cascais. Nos dias seguintes foram levadas a cabo operações para evitar consequências negras na costa. Mais de três centenas de homens da Marinha e da Força Aérea estiveram envolvidos nos trabalhos para identificação e recolha de bidões e contentores libertados pelo *Nautila*. Foram recuperados muitos contentores, mas outros encalharam, acabando por libertar os seus bidões. De todos os bidões à deriva pelo menos um libertou o seu conteúdo. O cargueiro *Nautila* transportava contentores com bidões carregados de "Nouracid SE-30", uma espécie de soda cáustica[1] utilizada no fabrico de sabão e resinas. Análises ao pH[2] das águas entretanto feitas mostraram, porém, resultados normais. O laboratório do Instituto do Ambiente analisou o produto transportado nos bidões, assim como a qualidade da água da área afectada pelo acidente, e concluiu que os valores são "normais" e que "não estão a contaminar" as águas das zonas balneares próximas do local do afundamento. Com base nos resultados destas análises, o Ministério do Ambiente informou que o produto dos bidões transportados pelo cargueiro *Nautila*, não representavam perigo para a saúde pública ou para o ambiente, não apresentando risco de contaminação das águas.

Francisco Ferreira, da Quercus, reconheceu que "o produto, a ser semelhante à soda cáustica, não tem grandes impactos na cadeia alimentar nem nos ecossistemas, devido à sua elevada capacidade de *diluição*" na água.

[1]Soda cáustica – nome comum do hidróxido de sódio, NaOH

[2]pH – Escala que mede o grau de acidez

Adaptado de notícias de Junho de 2003 – SIC online -Llusa

"Só por sorte a tragédia ambiental que afectou a Galiza e o Norte da costa francesa não se estendeu a Portugal. Foi como se a incúria com que o governo espanhol lidou com a situação tivesse sido directamente proporcional ao regime de ventos e correntes marítimas favoráveis a Portugal. Minimizando, numa fase inicial, os problemas que se abatiam sobre o *Prestige*, as autoridades espanholas optaram por afastar o perigo da costa e transportar a carga indesejável para águas que estivessem fora da sua jurisdição.

Esqueceram-se que o mar não tem fronteiras, mas logo despertaram para a dura realidade quando as primeiras bolsas de fuelóleo[3] começaram a dar à costa galega. As cerca de 20 mil toneladas de fuelóleo derramados pelo *Prestige* provocaram em Espanha um desastre ambiental sem precedentes, afectando uma zona de elevada biodiversidade e de fundamental importância para a economia pesqueira da Galiza. A avifauna não foi poupada, julgando-se que cerca de 130 mil aves tenham sido afectadas pela catástrofe ecológica.



Perto de 13 mil aves, pertencentes a 62 espécies, foram recolhidas nas costas espanholas, portuguesas e francesas, contando-se entre as espécies mais afectadas o corvo-marinho e o airo. Hélder Costa, da Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, considera mesmo "que este desastre pode ter contribuído decisivamente para colocar à beira da extinção a população de corvos marinhos que nidificavam nas ilhas da Galiza, uma vez que houve um decréscimo de cerca de 1/3 da população". Após se ter partido em dois, o *Prestige* acabou por submergir, levando para 3600 metros de profundidade cerca de 50 mil toneladas de fuelóleo. A ideia optimista de que as baixas temperaturas existentes a esta profundidade iriam solidificar o fuelóleo também não se concretizou. Uma confirmação que chegou a partir do momento em que o minissubmarino *Nautile* começou a transmitir as imagens do fuelóleo a sair das fendas que entretanto foram surgindo no navio.O *Prestige* e o fuelóleo que ainda se encontra nos tanques não deixaram de constituir uma ameaça, continuando a ser derramadas diariamente cerca de 80 toneladas do tóxico produto."

[3]Matéria que é extraída dos poços de petróleo (crude, petróleo em rama, petróleo bruto)

Excerto do artigo "Cenário Negro", de Joaquim Calé, da revista Ambiente nº9, Abril de 2003.

ANEXO B

Forças intermoleculares

As **forças intermoleculares** são as *forças atractivas entre as moléculas*.

Há diferentes tipos de forças intermoleculares, a saber, *dipolo-dipolo*, *ião-dipolo*, *ião-dipolo induzido*, *dipolo-dipolo induzido*, *dipolo instantâneo-dipolo induzido (forças de dispersão)* e as interacções do tipo *ligação de hidrogénio*.

A atracção global entre as moléculas pode ter contribuições de vários tipos, dependendo do estado físico da substância (isto é, gasoso, líquido ou sólido), da natureza das ligações químicas e dos elementos presentes.

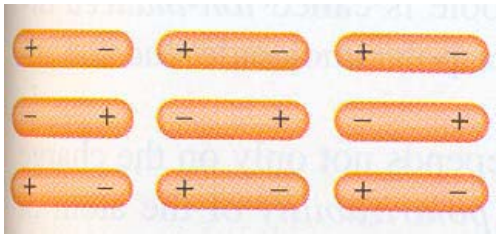
Vamos analisar, de seguida, os vários tipos de forças intermoleculares.

Interacções entre moléculas polares

As **forças *dipolo-dipolo*** são *forças que actuam entre moléculas polares*, isto é, entre moléculas que possuem momentos dipolares. A sua origem é electrostática, isto é, assentam na força de atracção entre cargas de sinal oposto.

Quanto maiores forem os momentos dipolares das moléculas em jogo e mais pequenas forem as moléculas, maior é a força de atracção entre pólos de sinal oposto e, consequentemente, maior é a força *dipolo-dipolo*.

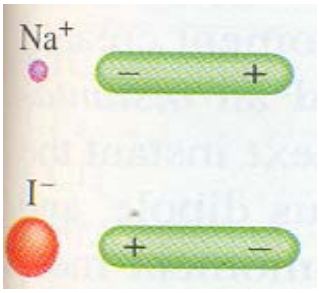
A figura seguinte mostra a orientação das moléculas polares num sólido:



Nos líquidos, as moléculas não ocupam posições tão rígidas como nos sólidos, mas tendem a alinhar-se de tal modo que, em média, a interacção atractiva é máxima.

Interacções entre iões e moléculas polares

As **forças *ião-dipolo*** são *forças que ocorrem entre um ião (positivo ou negativo) e uma molécula polar*. A sua origem é também electrostática. A figura seguinte mostra dois tipos de interacções ião-dipolo:

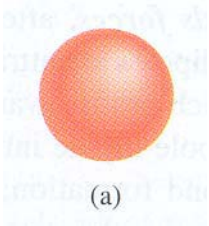


A intensidade deste tipo de interacção depende, por um lado, da carga e do tamanho do ião, e por outro lado, do momento dipolar e do tamanho da molécula. As cargas dos catiões (iões positivos) estão mais concentradas porque os catiões são, geralmente, mais pequenos do que os aniões. Em consequência, no caso das cargas dos iões serem iguais em valor absoluto, a interacção de um catião com um dipolo é mais forte do que a de um anião.

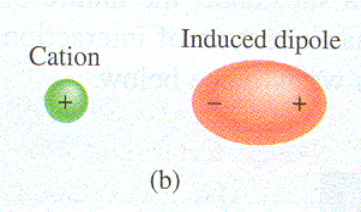
Interacções entre iões e átomos ou moléculas apolares
Interacções entre moléculas polares e átomos ou moléculas apolares

Já se discutiram as interacções entre moléculas polares (forças *dipolo-dipolo*) e as interacções entre espécies iónicas e moléculas polares (forças *ião-dipolo*). Que tipo de interacções atractivas existirão entre iões e moléculas apolares? E entre moléculas polares e moléculas apolares?

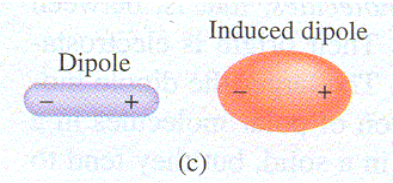
Se colocarmos um ião ou uma molécula polar perto de um átomo (ou de uma molécula apolar) verifica-se que a distribuição electrónica do átomo (ou da molécula apolar) fica distorcida devido à força de repulsão electrostática exercida pelo ião ou pela molécula polar sobre os electrões do átomo (ou da molécula apolar) (ver figura abaixo).



(a) Distribuição esférica de cargas num átomo de hélio;



(b) Distorção causada pela aproximação de um catião;



(c) Distorção causada pela aproximação de um dipolo.

O dipolo resultante no átomo ou na molécula apolar chama-se *dipolo induzido* e tem esta designação porque a separação de cargas positiva e negativa no átomo ou na molécula apolar foi induzida, isto é, resulta da proximidade de um ião ou de uma molécula polar.

A *interacção atractiva entre um ião e um dipolo induzido*, num átomo ou molécula apolar, pela proximidade desse ião, designa-se por **força *ião-dipolo induzido***.

A *interacção atractiva entre uma molécula polar e um dipolo induzido*, num átomo ou molécula apolar, pela proximidade dessa molécula polar, designa-se por **força *dipolo-dipolo induzido***.

A indução de um momento dipolar (ou seja, a formação de um dipolo induzido) depende, por um lado, da carga do ião ou da intensidade do dipolo da molécula polar, e por outro lado, da facilidade com que a distribuição electrónica do átomo ou da molécula pode ser distorcida, ou seja, da *polarizabilidade* do átomo ou da molécula.

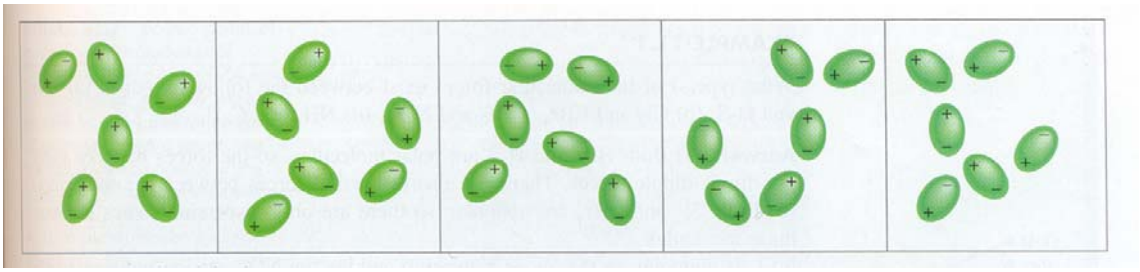
Em geral, a polarizabilidade é tanto maior quanto maior for o n.º de electrões e quanto mais difusa (dispersa) for a nuvem electrónica do átomo ou da molécula. Ter uma nuvem difusa significa que a nuvem electrónica está espalhada num volume apreciável de modo que os electrões estão menos ligados ao núcleo.

Interacções entre átomos ou entre moléculas apolares

Falta-nos considerar o tipo de interacção atractiva que existe entre moléculas apolares.

Consideremos um átomo de hélio cujos electrões se movem a uma certa distância do núcleo. Num dado instante, é possível que os electrões, que se situam nesse instante em posições específicas, produzam um momento dipolar no átomo de hélio, ou seja, um *dipolo instantâneo*. Este dipolo instantâneo dura apenas uma pequena fracção de segundo, pois no instante seguinte os electrões ocupam posições diferentes e o átomo tem um novo dipolo instantâneo e assim sucessivamente. Contudo, fazendo a média no tempo, o átomo não tem momento dipolar porque os dipolos instantâneos se cancelam mutuamente.

Considerando agora um conjunto de átomos de hélio, um dipolo instantâneo num átomo pode induzir dipolos em todos os átomos mais próximos. No instante seguinte, um dipolo instantâneo diferente pode criar dipolos induzidos nos átomos de hélio circundantes:



Dipolos induzidos em interacção. Estes arranjos espaciais existem apenas temporariamente; no instante seguinte formar-se-ão novos arranjos.

Destas interacções resultam forças de atracção entre os átomos de hélio, designadas por **forças *dipolo instantâneo-dipolo induzido*** (ou **forças de *dispersão***). A temperaturas muito baixas, as velocidades dos movimentos dos átomos são reduzidas e estas forças de atracção são suficientes para manter os átomos juntos, provocando a sua passagem ao estado líquido (o hélio gasoso condensa-se).

As forças atractivas entre moléculas apolares explicam-se do mesmo modo, ou seja, são do tipo *dipolo instantâneo-dipolo induzido*.

A intensidade das forças *dipolo instantâneo-dipolo induzido é proporcional* à polarizabilidade do átomo ou da molécula. A intensidade das forças *dipolo*

instantâneo-dipolo induzido aumenta geralmente com a massa molar das moléculas. Moléculas com maiores massas molares têm maior n.º de electrões, portanto, maior nuvem electrónica. Como tal, as moléculas são mais polarizáveis, logo, possuem maior polarizabilidade.

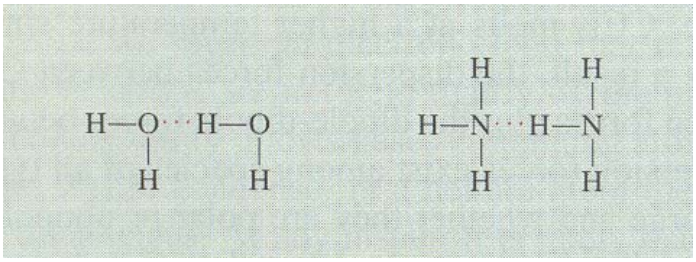
É importante sublinhar que existem forças *dipolo instantâneo-dipolo induzido* (ou forças de *dispersão*) entre espécies químicas de todos os tipos, quer sejam neutras ou carregadas, quer sejam polares ou apolares.

Tipo especial de interacção dipolo-dipolo

A ***ligação de hidrogénio*** é um *tipo especial de interacção dipolo-dipolo entre o átomo de hidrogénio numa ligação polar, tal como N-H, O-H ou F-H, e um átomo electronegativo O, N ou F*, *que possua pelo menos um par de electrões não ligantes* (este(s) par(es) de electrões não ligantes podem interactuar com o átomo de hidrogénio numa ligação de hidrogénio). Esta interacção representa-se por:

$$A \text{—} H \text{ ---- } B \qquad \text{ou} \qquad A \text{—} H \text{ ---- } A$$

onde A e B são os átomos O, N ou F, A-H é uma molécula ou parte de uma molécula e B é uma parte de outra molécula; a linha a tracejado representa a ligação de hidrogénio.



Ligações de hidrogénio na água e no amoníaco.

A energia média de uma ligação de hidrogénio é muito grande quando comparada com as energias das interacções dipolo-dipolo. Por isso, as ligações de hidrogénio desempenham um papel importante na determinação das estruturas e propriedades de muitos compostos.

A intensidade de uma ligação de hidrogénio é determinada pela força de atracção electrostática entre os pares de electrões não ligantes do átomo electronegativo e o núcleo do átomo de hidrogénio.

Os vários tipos de forças intermoleculares discutidos têm uma natureza atractiva. Note-se, contudo, que as moléculas também exercem forças repulsivas entre si. Quando duas moléculas se aproximam muito, os respectivos núcleos assim como os electrões vão repelir-se. A intensidade das forças repulsivas aumenta rapidamente à medida que diminui a distância entre as moléculas num estado condensado (líquido ou sólido). É por esta razão que os líquidos e os sólidos são tão difíceis de comprimir. Nestes estados, as moléculas estão já muito próximas umas das outras e por isso oferecem grande resistência à compressão.

Ficha de trabalho n.º 5

Trabalhe sempre em grupos de 3 ou 4 alunos.

Em aulas leccionadas anteriormente, definiram-se conceitos como *solubilidade de uma substância*, *electrólito forte* e *electrólito fraco*. Recorde estes conceitos na questão **1.**.

1. Diga o que entende por *solubilidade de uma substância*, *electrólito forte* e *electrólito fraco*.

De seguida, observe atentamente a demonstração que se vai realizar. Posteriormente, faça os seus registos na questão **2.** e responda à questão **3.**.

2. Registe as suas observações e anote outros dados relevantes da demonstração que visualizou.

3. Descreva, do ponto de vista químico e sucintamente, o que aconteceu na demonstração.

Agora, leia o ponto 1 do texto *Solubilidade e Produto de solubilidade* (anexo A) e responda à questão **4.**.

4. Explique, do ponto de vista químico, o(s) fenómeno(s) descritos em **3.**.

Leia, agora, o ponto 2 do texto *Solubilidade e Produto de solubilidade* (anexo A) e responda às questões **5.** e **6.**.

5. Explique, do ponto de vista químico, o(s) fenómeno(s) descritos em **3.**. Estabeleça as relações matemáticas que considerar convenientes para uma explicação pormenorizada.

6. Que comparação pode fazer quanto à natureza das explicações dadas em **4.** e **5.**?

Observe atentamente a 2ª demonstração que se vai realizar. Posteriormente, faça os seus registos na questão **7.** e responda às questões **8.** e **9.**.

7. Registe as suas observações e anote outros dados relevantes da demonstração que visualizou.

8. Descreva, do ponto de vista químico e sucintamente, o que aconteceu na demonstração.

9. Explique, do ponto de vista químico, o(s) fenómeno(s) descritos em **8.**. Estabeleça as relações matemáticas que considerar convenientes para uma explicação pormenorizada.

Anexo A

Solubilidade e produto de solubilidade

1 Aspectos qualitativos da solubilidade de compostos iónicos

Todos os compostos iónicos são electrólitos fortes, isto é, são substâncias que se *dissociam completamente* nos seus iões quando *dissolvidas* (ou *solubilizadas*) em água. É o caso do cloreto de sódio, NaCl, e do cloreto de chumbo, $PbCl_2$, por exemplo.

Para o cloreto de sódio, podemos representar a sua reacção de dissolução em água pela equação química:

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

em que a seta $\rightarrow$ significa que *todo o cloreto de sódio* que se juntou à agua *dissolveu-se completamente* e dissociou-se nos seus iões, Na^+ e Cl^-, que sofreram hidratação. Diz-se do cloreto de sódio que é *muito solúvel* em água, ou que a *solubilidade do cloreto de sódio é muito elevada* em água.

A reacção de dissolução em água do cloreto de chumbo, $PbCl_2$, pode representar-se pela equação química:

$$PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2\ Cl^-(aq)$$

em que a dupla seta $\rightleftharpoons$ significa que, de todo o cloreto de chumbo que se adicionou à água*, apenas uma parte se dissolveu*, ficando a *restante parte de cloreto de chumbo na fase sólida* em contacto com a fase aquosa. Apenas a parte dissolvida do $PbCl_2$ sofreu dissociação (completa) nos seus iões, Pb^{2+} e Cl^-, que se hidrataram. Diz-se do cloreto de chumbo que é *pouco solúvel* em água, ou que a *solubilidade do cloreto de chumbo é muito reduzida* em água.

Os compostos iónicos podem classificar-se em *solúveis*, *pouco solúveis* ou *insolúveis* em água, de acordo com regras de solubilidade destes compostos (Tabela I).

Estas regras exprimem o comportamento dos compostos iónicos em água, a 25 ºC, de uma forma qualitativa. No entanto, esta classificação não é absoluta, uma vez que é difícil definir a fronteira entre compostos solúveis e pouco solúveis e entre compostos

pouco solúveis e insolúveis. De qualquer forma, permitem prever de forma expedita e sem grandes inexactidões a solubilidade dos compostos iónicos em água.

Tabela I – Características de solubilidade de compostos iónicos em água a 25ºC.

1. Todos os compostos de metais alcalinos (Grupo 1A) são solúveis.
2. Todos os compostos de amónio (NH_4^+) são solúveis.
3. Todos os compostos contendo iões nitrato (NO_3^-), clorato (ClO_3^-) e perclorato (ClO_4^-) são solúveis.
4. A maioria dos hidróxidos (OH^-) é insolúvel. As excepções são os hidróxidos de metais alcalinos e o hidróxido de bário [$Ba(OH)_2$]. O hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$] é pouco solúvel.
5. A maioria dos compostos contendo iões cloreto (Cl^-), brometo (Br^-) ou iodeto (I^-) é solúvel. As excepções são os compostos contendo Ag^+, Hg_2^{2+} e Pb^{2+}.
6. Todos os carbonatos (CO_3^{2-}), fosfatos (PO_4^{3-}) e sulfitos (S^{2-})são insolúveis. As excepções são os compostos de amónio e de metais alcalinos.
7. A maioria dos sulfatos (SO_4^{2-}) é solúvel. O sulfato de cálcio ($CaSO_4$) e o sulfato de prata (Ag_2SO_4) são pouco solúveis. O sulfato de bário ($BaSO_4$), o sulfato de mercúrio (II) ($HgSO_4$) e o sulfato de chumbo ($PbSO_4$) são insolúveis.

2. Aspectos quantitativos da solubilidade de compostos iónicos pouco solúveis em água

Acabámos de ver como, de forma qualitativa, é possível prever a solubilidade de compostos iónicos em água.

No entanto, a classificação em sais solúveis, pouco solúveis e insolúveis é redutora, já que sais considerados insolúveis são, na realidade pouco solúveis (pois não há compostos completamente insolúveis noutros), e sais considerados solúveis têm um limite para a sua dissolução num dado solvente (dada pela sua solubilidade nesse solvente, a uma dada temperatura).

Por outro lado, as regras apresentadas anteriormente não nos permitem fazer previsões quantitativas, isto é, conhecer as massas ou quantidades (em moles) de solutos iónicos que se conseguem dissolver num dado volume de água ou em soluções aquosas com outros solutos.

Voltemos ao exemplo da dissolução em água do cloreto de chumbo, $PbCl_2$. Quando se junta uma porção de cloreto de chumbo a um certo volume de água, aquele composto iónico vai-se dissolvendo até se atingir a saturação da solução aquosa. A partir desse momento, o soluto adicionado, mas não dissolvido, fica na fase sólida. Só então é correcto representar a dissolução do cloreto de chumbo pela equação:

$$PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2\ Cl^-(aq)$$

A dupla seta $\rightleftharpoons$, para além de ter o significado atribuído na secção anterior, significa ainda que estão a ocorrer duas reacções simultaneamente e com a mesma velocidade, a reacção de dissolução (e consequente dissociação) do cloreto de chumbo sólido nos seus iões:

$$PbCl_2(s) \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2\ Cl^-(aq)$$

e a reacção de precipitação do cloreto de chumbo sólido a partir dos seus iões:

$$Pb^{2+}(aq) + 2\ Cl^-(aq) \rightarrow PbCl_2(s)$$

Ou seja, diz-se que o sistema constituído pelas duas reacções se encontra em *equilíbrio químico*. Neste estado (de equilíbrio), as concentrações dos iões Pb^{2+} e Cl^- na solução, bem como a quantidade de $PbCl_2$ sólido, mantêm-se constantes ao longo do tempo, excepto se se interferir neste sistema.

Portanto, para um composto iónico em equilíbrio químico com os seus iões em solução, representado genericamente por

$$A_mB_n(s) \rightleftharpoons m\ A^{n+}(aq) + n\ B^{m-}(aq)$$

temos que as concentrações dos iões em solução aquosa e a quantidade do sólido mantêm-se constantes ao longo do tempo, desde que a temperatura não varie.

Para uma dada temperatura, pode definir-se o *grau de conversão do(s) reagente(s) no(s) produto(s) de reacção*, como sendo o quociente entre o produto das molaridades dos produtos de reacção, elevadas aos respectivos coeficientes estequiométricos, pelo produto das molaridades dos reagentes, elevadas aos respectivos coeficientes estequiométricos:

$$[A^{n+}]^m\,[B^{m-}]^n / [A_mB_n]$$

Este quociente é uma constante a uma dada temperatura:

$$K = [A^{n+}]^m [B^{m-}]^n / [A_mB_n]$$

Ora, a "molaridade" de um sólido puro não depende da quantidade de substância presente.

Por exemplo, a "molaridade" do cobre a 20 ºC é a mesma, quer tenhamos um grama quer uma tonelada de metal, relacionando-se com a sua densidade (8,96 g/mL):

$$(8{,}96 \text{ g} / 63{,}55 \text{g mol}^{-1}) / \text{mL} = 0{,}141 \text{ mol/mL} = 141 \text{ mol/L}$$

Portanto, a "molaridade" de um sólido puro não varia à medida que a reacção progride, sendo constante a uma dada temperatura. Logo, pode escrever-se mais simplesmente:

$$K\,[A_mB_n] = [A^{n+}]^m [B^{m-}]^n$$

ou

$$\boldsymbol{K_{ps} = [A^{n+}]^m [B^{m-}]^n}$$

em que K_{ps} se designa por *constante do produto de solubilidade* do composto iónico em causa (é adimensional, por definição). A tabela II apresenta os produtos de solubilidade de alguns compostos iónicos pouco solúveis.

Tabela II – Produtos de solubilidade a 25ºC de alguns compostos iónicos pouco solúveis

Composto	K_{ps}	Composto	K_{ps}
Brometo de cobre.(I) (CuBr)	$4{,}2\text{x}10^{-8}$	Hidróxido de ferro (III) [$Fe(OH)_3$]	$1{,}1\text{x}10^{-36}$
Brometo de prata (II) (AgBr)	$7{,}7\text{x}10^{-13}$	Hidróxido de magnésio [$Mg(OH)_2$]	$1{,}2\text{x}10^{-11}$
Carbonato de bário ($BaCO_3$)	$8{,}1\text{x}10^{-9}$	Hidróxido de zinco [$Zn(OH)_2$]	$1{,}8\text{x}10^{-14}$
Carbonato de cálcio ($CaCO_3$)	$8{,}7\text{x}10^{-9}$	Iodeto de chumbo (II) (PbI_2)	$1{,}4\text{x}10^{-8}$
Carbonato de chumbo (II) ($PbCO_3$)	$3{,}3\text{x}10^{-14}$	Iodeto de cobre (I) (CuI)	$5{,}1\text{x}10^{-12}$
Carbonato de estrôncio ($SrCO_3$)	$1{,}6\text{x}10^{-9}$	Iodeto de prata (AgI)	$8{,}3\text{x}10^{-17}$
Carbonato de magnésio ($MgCO_3$)	$4{,}0\text{x}10^{-5}$	Sulfato de bário ($BaSO_4$)	$1{,}1\text{x}10^{-10}$
Carbonato de prata (Ag_2CO_3)	$8{,}1\text{x}10^{-12}$	Sulfato de estrôncio ($SrSO_4$)	$3{,}8\text{x}10^{-7}$
Cloreto de chumbo (II) ($PbCl_2$)	$2{,}4\text{x}10^{-4}$	Sulfato de prata (Ag_2SO_4)	$1{,}4\text{x}10^{-5}$
Cloreto de mercúrio (I) (Hg_2Cl_2)	$3{,}5\text{x}10^{-18}$	Sulfureto de bismuto (Bi_2S_3)	$1{,}6\text{x}10^{-72}$
Cloreto de prata (AgCl)	$1{,}6\text{x}10^{-10}$	Sulfureto de cádmio (CdS)	$8{,}0\text{x}10^{-28}$
Cromato de chumbo (II) ($PbCrO_4$)	$2{,}0\text{x}10^{-14}$	Sulfureto de chumbo (II) (PbS)	$3{,}4\text{x}10^{-28}$
Fluoreto de bário (BaF_2)	$1{,}7\text{x}10^{-6}$	Sulfureto de cobalto (II) (CoS)	$4{,}0\text{x}10^{-21}$
Fluoreto de cálcio (CaF_2)	$4{,}0\text{x}10^{-11}$	Sulfureto de cobre (II) (CuS)	$6{,}0\text{x}10^{-37}$
Fluoreto de chumbo (II) (PbF_2)	$4{,}1\text{x}10^{-8}$	Sulfureto de estanho (II) (SnS)	$1{,}0\text{x}10^{-26}$
Fosfato de cálcio [$Ca_3(PO_4)_2$]	$1{,}2\text{x}10^{-26}$	Sulfureto de ferro (II) (FeS)	$6{,}0\text{x}10^{-19}$
Hidróxido de alumínio [$Al(OH)_3$]	$1{,}8\text{x}10^{-33}$	Sulfureto de manganês (II) (MnS)	$3{,}0\text{x}10^{-14}$
Hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$]	$8{,}0\text{x}10^{-6}$	Sulfureto de mercúrio (II) (HgS)	$4{,}0\text{x}10^{-54}$
Hidróxido de cobre (II) [$Cu(OH)_2$]	$2{,}2\text{x}10^{-20}$	Sulfureto de níquel (II) (NiS)	$1{,}4\text{x}10^{-24}$
Hidróxido de crómio(III) [$Cr(OH)_3$]	$3{,}0\text{x}10^{-29}$	Sulfureto de prata (AgS)	$6{,}0\text{x}10^{-51}$
Hidróxido de ferro (II) [$Fe(OH)_2$]	$1{,}6\text{x}10^{-14}$	Sulfureto de zinco (ZnS)	$3{,}0\text{x}10^{-23}$

Quanto maior for o valor de K_{ps}, maior é a *extensão da reacção*, isto é, maior é o grau de conversão do reagente (sólido iónico) nos produtos de reacção (iões em solução) e, portanto, maior é a solubilidade do composto iónico.

A solubilidade dos compostos iónicos relaciona-se, quantitativamente, com as concentrações dos seus iões em solução e com o valor da respectiva constante do produto de solubilidade, à temperatura dada. Vejamos, para o exemplo anterior:

$$PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2\ Cl^-(aq)$$

- Considere-se que se dissolve a massa ***m*** de $PbCl_2$ sólido em ***1 L*** de solução (admita-se que não ocorre variação de volume);

- Seja ***s mol***=***m****/massa molar (*$PbCl_2$*)* o n.º de moles de composto que se dissolve em ***1 L*** de solução;

- Então, o n.º de moles de Pb^{2+} que passa a existir em ***1 L*** de solução é igual a ***s mol*** e o n.º de moles de Cl^- que passa a existir em ***1 L*** de solução é igual a ***2s mol***, de acordo com a estequiometria da reacção;

- As concentrações dos iões em solução são ***s mol/L*** para o Pb^{2+} e ***2s mol/L*** para o Cl^-;

- Pode escrever-se $K_{ps}\ (PbCl_2) = [Pb^{2+}]\ [Cl^-]^2 = \boldsymbol{s}(\boldsymbol{2s})^2 = 4\boldsymbol{s}^3$; conhecendo o valor de K_{ps} à temperatura em questão, pode calcular-se ***s mol/L***, que representa a *solubilidade molar* do cloreto de chumbo.

ANEXO II

Programa (primeira fase do estudo)

Departamento de Química

Curso – Licenciatura em Ecologia Aplicada

Disciplina – Química

Ano lectivo – 2004/2005

Ano do curso – 1º **Semestre –** 1º **Carga horária semanal –** 2 (T) + 2 (P)

Docente responsável – Cristina Maria Correia Marques

NORMAS DA DISCIPLINA

Indicações Metodológicas

A disciplina de Química funcionará de forma distinta daquelas que têm por base a separação das aulas em três tipos, nomeadamente teóricas, teórico-práticas e práticas (ou laboratoriais).

O ensino dos conceitos de Química e suas relações, bem como o desenvolvimento de competências, terão como pontos de partida situações químicas concretas, de preferência enquadradas em problemáticas conhecidas dos alunos, privilegiando-se contextos do âmbito do Ambiente. Sobre estas situações químicas, serão levantadas questões, que servirão de fio condutor aos processos de ensino e aprendizagem. Estes processos contarão com momentos que a seguir se explicitam:

- o professor apresenta aos alunos uma situação química;
- o professor coloca questões e/ou problemas sobre a situação;
- os alunos trabalham, individualmente ou organizados em grupos, como forma de dar respostas a tarefas propostas pelo professor (que serão executadas em casa ou nas aulas; nestas últimas incluem-se trabalhos executados no laboratório);
- o professor explicita conhecimentos de índole teórica, prática e experimental e reestrutura as ideias dos alunos relativamente aos conceitos envolvidos.

Portanto, poderão decorrer aulas do tipo teórico ou teórico-prático no horário destinado às aulas teóricas e no horário das aulas práticas, mas as aulas de laboratório só poderão decorrer no horário destinado às aulas práticas.

Processo de Avaliação

Obtenção de frequência

A assistência às aulas práticas é obrigatória para todos os alunos inscritos à disciplina pela 1ª vez em 2004/05 ou 2002/03 e para os que não tenham obtido frequência à disciplina (ficaram não admitidos) em 2003/04, não podendo faltar a mais de ¼ das aulas previstas neste horário (2), nem a mais do que 1 dos 4 trabalhos de laboratório, sob pena de não obterem frequência à disciplina. Para além disso, a nota de frequência terá de ser superior ou igual a 8,5 valores.

Sistema de avaliação periódica

1. As aprendizagens dos alunos são avaliadas recorrendo a 4 instrumentos de avaliação (observação directa (O) com grelha de observação; relatórios dos trabalhos laboratoriais (R); tarefas de avaliação periódica (TA); teste final (T)):

- Observação directa (O), feita individualmente a cada aluno.
- Relatórios dos trabalhos de laboratório (R), executados em grupo.
- Duas tarefas de avaliação (TA), realizadas durante o semestre, abrangendo a matéria dada em cada parte do semestre, e realizado em grupo.
- Um teste final (T), realizado no final do semestre, abrangendo toda a matéria dada e realizado individualmente.

2. A nota final será encontrada com base na fórmula:

$$\text{Nota Final} = 0{,}35\ T + 0{,}25\ TA + 0{,}15\ R + 0{,}25\ O$$

3. A aprovação à disciplina só é conseguida se a nota final for superior ou igual a 9,5 valores, em que a nota do teste, T, terá de ser superior ou igual a 9,5 valores e a nota relativa a (0,15 R + 0,25 O)/0,40 (nota de frequência) superior ou igual a 8,5 valores.

4. A assistência às aulas teóricas é obrigatória para todos os alunos que pretendam ficar vinculados ao sistema de avaliação periódica, ou seja, para poderem ficar admitidos às tarefas de avaliação (TA), não podendo faltar a mais de ¼ das aulas teóricas previstas (5).

Sistema de avaliação por exame final

1. As aprendizagens dos alunos são avaliadas recorrendo a 3 instrumentos de avaliação (observação directa (O) com grelha de observação; relatórios dos trabalhos laboratoriais (R); exame final (E)):

- Observação directa (O), feita individualmente a cada aluno.
- Relatórios dos trabalhos de laboratório (R), executados em grupo.
- Um exame final (E), realizado no final do semestre, abrangendo toda a matéria dada, e realizado individualmente.

2. A nota final será encontrada com base na fórmula:

$$\text{Nota Final} = 0{,}60\ E + 0{,}15\ R + 0{,}25\ O$$

3. A aprovação à disciplina só é conseguida se a nota final for superior ou igual a 9,5 valores, em que a nota do exame, E, terá de ser superior ou igual a 9,5 valores e a nota relativa a (0,15 R + 0,25 O)/0,40 (nota de frequência) superior ou igual a 8,5 valores.

Observações finais

1. No início do semestre, os alunos devem assinar uma *declaração com a sua vinculação ao sistema de avaliação* que desejarem (periódica ou por exame final).

2. É obrigatória a *inscrição prévia* do aluno na secção de Química para os exames que pretenda realizar, sob pena de não os poder efectuar. O prazo para as inscrições termina sempre 48 horas antes da hora marcada para a avaliação em causa.

3. É obrigatória a *apresentação de um documento identificativo* do aluno em todos os exames ou tarefas de avaliação, sob pena de o aluno não os poder efectuar.

4. O relatório do *primeiro* trabalho laboratorial a ser realizado e as tarefas prévias serão corrigidos e avaliados, mas a nota não contará para a nota final. Assim, os alunos poderão compreender melhor como é feita a avaliação nas componentes R e O..

Datas de exames

1ª chamada: 14 de Janeiro de 2005, às 9,30 horas.

2ª chamada: 21 de Janeiro de 2005, às 9,30 horas.

Recurso: 5 de Fevereiro de 2005, às 9,30 horas.

Horário de atendimento aos alunos

O atendimento será efectuado às quartas-feiras das 14 às 16 horas e às quintas-feiras, das 16 às 18 horas, no gabinete B2.33 do Edifício de Geociências.

Bibliografia

De apoio às aulas

Chang, R. (1994). *Química*, 5ª edição. Lisboa: McGraw-Hill de Portugal.

Reger, D.; Goode, S.; Mercer E. (1997). *Química: Princípios e Aplicações*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Calvo, D.; Molina, M. T.; Salvachúa, J. (2001). *Ciencias da Terra e do Medio Ambiente, 2º Bacharelato*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Buell, P.; Girard, J. (1994). *Chemistry, an environmental perspective*. New Jersey: Prentice Hall.

Williams, I. (2001). *Environmental chemistry: a modular approach*. Chichester: Wiley.

Howard, A. D. (1998). *Aquatic environmental chemistry*. New York: Oxford University Press.

De apoio aos trabalhos de laboratório

Dossier constituído por informações sobre segurança no laboratório, material de laboratório e seu manuseamento, preparação de soluções, titulações, medição em Química, nomenclatura de compostos inorgânicos, legislação sobre qualidade da água (organizado pela docente).

Lista de *sites* da Internet (fornecida pela docente).

Rodier, J., 7eme editon (1984). *L' analyse de l'eau*. Paris:Dunod.

The Merck index, 12th edition (1996). New Jersey: Merck and Co..

Ferreira, E.; Rodrigues, E. (2002). *Fontes de Informação em Ambiente*. Lisboa: Centro Atlântico.

Rocha, I.; Vieira; D. F. (2000). *Água*. Porto: Porto Editora.

TODOS OS ASPECTOS NÃO REFERIDOS SERÃO TRATADOS DE ACORDO COM AS NORMAS PEDAGÓGICAS EM VIGOR.

O conhecimento de todas as normas respeitantes à disciplina de Química é da responsabilidade do aluno, depois de publicitadas nas aulas e em locais de afixação do Departamento de Química.

O Docente *O Representante dos Alunos*

_____ _____

PROGRAMA

1. INTRODUÇÃO À DISCIPLINA

- Química. Ciência. Tecnologia. Sociedade. Ambiente
- Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente
- Ecossistemas. Recursos. Desenvolvimento Sustentável

2. ÁGUAS

- Tipos de matéria
- Estados de agregação da matéria
- Propriedades da matéria
- Fórmulas químicas. Fórmulas moleculares. Fórmulas empíricas
- Nomenclatura de compostos inorgânicos
- Tipos de soluções
- Concentração e diluição de soluções
- Unidades de concentração de soluções
- A medição em Química
- Ligação Química: Notação de Lewis. A ligação iónica. A ligação covalente. Geometria molecular. Momentos dipolares. Teoria da ligação de valência
- Forças intermoleculares
- Perspectiva molecular do processo de dissolução
- Efeito da temperatura na solubilidade
- Efeito da pressão na solubilidade dos gases

2. CHUVAS ÁCIDAS

- Reacções em solução aquosa: Reacções de ácido-base. Reacções de precipitação. Reacções de oxidação-redução. Reacções de complexação
- Acerto de equações de oxidação-redução
- Equivalente ácido-base. Equivalente redox. Equivalente de um sal
- Reacções químicas e relações de massa. Reagente limitante. Reagente em excesso
- Cinética Química: Velocidade de reacção. Equações cinéticas. Relação entre as concentrações dos reagentes e o tempo

- Equilíbrio Químico: O conceito de equilíbrio. Constante de equilíbrio. Relação entre cinética química e equilíbrio químico. Factores que afectam o estado de equilíbrio
- Equilíbrio de ácido-base: Conceitos de ácido e de base de Arrhenius e de Bronsted-Lowry. Propriedades ácido-base da água. Noção de pH. As forças dos ácidos e das bases. Constantes de ionização dos ácidos fracos e bases fracas. Ácidos dipróticos e polipróticos. Propriedades ácido-base dos sais: hidrólise. Efeito de ião comum. Soluções tampão. Estudo quantitativo das titulações ácido-base. Produto iónico da água.

3. ESTABILIDADE DE ESPÉCIES QUÍMICAS EM ÁGUAS NATURAIS

- Equilíbrio de Solubilidade: Solubilidade e produto de solubilidade. Solubilidade e efeito do ião comum. Solubilidade e pH. Solubilidade e equilíbrios de complexação.

4. A **ENTROPIA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

- Energia. Trabalho.
- Variações de energia em reacções químicas.
- Calorimetria: Conceito de entalpia. Entalpia padrão de formação e reacção. Calores de dissolução e de diluição. Energias de ligação.
- A primeira lei da Termodinâmica.
- Processos espontâneos e entropia.
- A segunda lei da termodinâmica.
- Energia de Gibbs. Energia de Gibbs e equilíbrio químico.
- A terceira lei da termodinâmica.

Lista de trabalhos práticos

1. Preparação de soluções.
2. Determinação quantitativa do ião fosfato numa água.
3. Determinação gravimétrica da fórmula empírica de um composto.
4. Determinação do pH de uma chuva ácida.

ANEXO III

Trabalhos Laboratoriais (primeira fase do estudo)

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____ ***Data:***_____

TRABALHO PRÁTICO Nº 1

PROBLEMA: *PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES AQUOSAS CONHECENDO PREVIAMENTE AS CONCENTRAÇÕES A OBTER*

PARTE I

INTRODUÇÃO

Diariamente, o homem depara com e manuseia soluções mais ou menos complexas. É o caso das águas minerais, certos refrigerantes e detergentes, o vinagre, a lixívia, entre outros. Também os químicos, nas suas actividades profissionais, lidam frequentemente com soluções.

Uma *solução* é uma mistura homogénea de duas ou mais espécies químicas. Geralmente, o componente presente em maior quantidade na solução designa-se por *solvente* e o(s) restante(s) por *soluto(s)*. À quantidade relativa do(s) soluto(s) na solução (ou no solvente) chama-se *concentração da solução*. A concentração de uma solução pode ser expressa de diversas maneiras, sendo as mais usuais as seguintes:

- *Molaridade*, que expressa a quantidade de soluto (em moles) existente num litro, ou decímetro cúbico, de solução (unidades: mol dm^{-3} ou *M*).
- *Concentração molal*, ou *molalidade*, que expressa a quantidade de soluto (em moles) existente num quilograma de solvente (unidades: mol kg^{-1} ou *m*).
- *Fracção molar*, que expressa a razão do n.º de moles de soluto pelo n.º de moles total na solução (adimensional).
- *Percentagem mássica,* que expressa a massa de soluto, em gramas (ou em quilogramas, por exemplo), existente em 100 gramas (ou em 100 quilogramas) de solução (adimensional).

- *Partes por milhão*, que expressa a massa de soluto, em gramas**,** existente em 10^6 gramas de solução (adimensional).
- *Massa por volume*, que expressa a massa de soluto existente num determinado volume de solução (unidades: por ex., g dm^{-3}).

Outra característica das soluções é a sua *densidade absoluta*, que expressa a massa, em gramas, existente num centímetro cúbico de solução (unidades: por ex., g cm^{-3}). Frequentes vezes, usa-se a *densidade relativa*, que tem o mesmo valor numérico que a densidade absoluta, mas é adimensional.

Uma classe muito importante de soluções é a das soluções aquosas, isto é, o solvente presente é a água. Neste trabalho, pretende-se que os alunos preparem duas soluções aquosas, uma a partir de um soluto sólido e a outra a partir de uma solução mais concentrada do mesmo soluto. Os fenómenos envolvidos na preparação destas soluções – dissolução de um sólido na água e diluição de uma solução aquosa – são os mesmos que ocorrem frequentemente em actividades diárias das pessoas, algumas com impacte a nível ambiental, ou que ocorrem naturalmente. Podem citar-se alguns exemplos, como o uso de detergentes nas lavagens domésticas e o tempero dos cozinhados, ou a dissolução de sais presentes na composição dos solos pelas águas das chuvas e o lançamento de efluentes de instalações fabris em cursos de água.

Os alunos vão preparar uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH, e uma solução aquosa de ácido sulfúrico, H_2SO_4. O hidróxido de sódio, vulgarmente conhecido por soda cáustica, é um componente muito utilizado nos detergentes mais poderosos de uso doméstico e industrial. As águas de lavagem são, variadas vezes, lançadas nas redes de esgotos ou directamente nos rios e ribeiros. O hidróxido de sódio, quando presente em concentrações acima de determinados valores, é responsável pela alcalinização de cursos de água, o que pode originar, por exemplo, a morte de peixes e plantas aquáticas. Também as soluções aquosas de ácido sulfúrico são usadas a nível doméstico, principalmente para limpezas, embora em quantidades que habitualmente não causam danos ao ambiente. Já o seu uso, por exemplo, no polimento de peças de cristal produzidas industrialmente, poderá provocar a acidificação de cursos de água e terrenos, sempre que haja um inadequado lançamento para o ambiente dos efluentes fabris, provocando danos, eventualmente irreversíveis, na flora e fauna locais.

TAREFA 1

Pretende preparar-se 250,00 cm^3 de uma solução aquosa de NaOH, aproximadamente 0,05 mol dm^{-3}, a partir de hidróxido de sódio sólido. Faça uma descrição, tão completa quanto possível, dos procedimentos a seguir para a sua preparação, explicitando os procedimentos técnicos e material adequado a utilizar. Apresente todos os cálculos necessários. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil*.

TAREFA 2

Considerando a solução anterior, indique os procedimentos extra que deve adoptar, se alguns, para obter dados que lhe permitam calcular a molalidade, a percentagem mássica e a densidade da solução.

TAREFA 3

Pretende preparar-se 50,00 cm^3 de uma solução aquosa de H_2SO_4, aproximadamente 0,5 mol dm^{-3}, a partir da solução comercial de ácido sulfúrico (consulte o rótulo do frasco da solução comercial de ácido sulfúrico, que se encontra no laboratório de Química, para anotar todos os dados necessários). Faça uma descrição, tão completa quanto possível, dos procedimentos a seguir para a sua preparação, explicitando os procedimentos técnicos e material adequado a utilizar. Apresente todos os cálculos necessários. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil*.

TAREFA 4

Considerando a solução de ácido sulfúrico que se pretende preparar, indique os procedimentos extra que deve adoptar, se alguns, para obter dados que lhe permitam calcular a sua concentração em partes por milhão e em massa por volume (em g dm^{-3}), a sua densidade e as fracções molares de H_2SO_4 e de H_2O na solução.

Nomes dos alunos: _____

Turma: _____ ***Data:*** _____

PARTE II

MATERIAL NECESSÁRIO

- Balança electrónica (2 casas decimais)
- 1 Espátula
- 1 Gobelé de vidro de 100 cm^3
- 1 Vareta de vidro
- 1 Funil
- 1 Balão volumétrico de 250 cm^3
- 1 Balão volumétrico de 50 cm^3
- 1 Caneta de acetato
- 1 Pipeta de Pasteur
- 1 Pipeta graduada de 5 cm^3
- 1 Pompete
- 2 Frascos rolhados, um de plástico
- Óculos de protecção
- Luvas descartáveis
- 1 Esguicho

REAGENTES

- Hidróxido de sódio, NaOH, em lentilhas
- Solução comercial de ácido sulfúrico, H_2SO_4
- Água destilada

PROCEDIMENTO

SOLUÇÃO Nº1: Preparar 250,00 cm^3 de uma solução aquosa de NaOH, aproximadamente 0,05 mol dm^{-3}, a partir de hidróxido de sódio sólido.

- Anote a massa de NaOH necessária para preparar a solução desejada (valor obtido na Tarefa 1). Confirme o resultado obtido junto do professor.
- Pese a massa de NaOH pretendida num gobelé de 100 cm^3 (atenção, a massa medida não é necessariamente igual à massa calculada; no entanto, deve tentar pesar o valor mais próximo possível do calculado). Registe o valor pesado.
- Adicione água destilada ao NaOH, até ao traço dos 50 cm^3 do gobelé, e agite até completa dissolução do soluto com o auxílio da vareta de vidro.
- Pese o balão volumétrico seco e rolhado que vai utilizar. Registe a massa obtida.

- Transfira quantitativamente a solução do gobelé para o balão. Para tal, deixe a solução escorrer ao longo de uma vareta inclinada para um funil colocado no balão. Lave o gobelé, a vareta e o funil para o balão, com o auxílio do esguicho de água destilada, usando pequenos volumes de solvente de cada vez, retirando o funil no final. Assim, garantir-se-á a completa transferência do soluto.
- Com o esguicho, adicione água destilada até próximo do traço de aferição (cuidado para não humedecer a parte esmerilada do balão).
- Com o auxílio da pipeta de Pasteur, ajuste o nível do menisco, fazendo coincidir a base inferior do menisco com o traço. Rolhe o balão volumétrico e homogeneize a solução, invertendo o balão duas ou três vezes.
- Pese o balão rolhado com a solução. Registe a massa obtida.
- Transfira a solução para um frasco de plástico e rotule-o convenientemente (ou escreva directamente no frasco), de forma a ser armazenada adequadamente e com a identificação necessária. No rótulo, acrescente os nomes dos elementos do seu grupo, pois posteriormente irá utilizar esta solução noutro trabalho.

SOLUÇÃO Nº2: Preparar 50,00 cm^3 de uma solução aquosa de H_2SO_4, aproximadamente 0,5 mol dm^{-3}, a partir da solução comercial de ácido sulfúrico.

- Anote o volume de solução comercial de H_2SO_4 necessário para preparar a solução desejada (valor obtido na Tarefa 3). Confirme o resultado obtido junto do professor.
- Pese o balão volumétrico seco e rolhado que vai utilizar. Registe a massa obtida.
- Encha o balão com água destilada até cerca de 1/3 do seu volume (cuidado para não humedecer a parte esmerilada do balão).

> ***ATENÇÃO*** *– O processo de diluição do ácido sulfúrico concentrado é muito exotérmico, pelo que a operação que se segue carece de cuidados especiais. Por isso se justifica que se adicione o ácido sulfúrico concentrado à água destilada já existente no balão e não o contrário. Para além disto, deve usar luvas descartáveis e óculos de protecção e trabalhar na hotte.*

- Meça o volume necessário da solução comercial de H_2SO_4 com uma pipeta graduada e transfira-a para o balão. Agite a solução em movimentos circulares.
- Com o esguicho, adicione água destilada até próximo do traço de aferição.

- Com o auxílio da pipeta de Pasteur, ajuste o nível do menisco, fazendo coincidir a base inferior do menisco com o traço. Rolhe o balão volumétrico e homogeneize a solução.
- Pese o balão rolhado com a solução. Registe a massa obtida.
- Transfira a solução para um frasco e rotule-o convenientemente (ou escreva directamente no frasco), de forma a ser armazenada adequadamente e com a identificação necessária. No rótulo, acrescente os nomes dos elementos do seu grupo, pois posteriormente irá utilizar esta solução noutro trabalho.

REGISTO DE DADOS

Solução aquosa de NaOH

Massa de NaOH calculada _____

Massa de NaOH pesada _____

Massa do balão vazio + rolha _____

Massa do balão + solução + rolha _____

Solução aquosa de H_2SO_4

Volume de solução de H_2SO_4 calculado _____

Volume de solução de H_2SO_4 pipetado _____

Massa do balão vazio + rolha _____

Massa do balão + solução + rolha _____

PARTE III

DISCUSSÃO DE RESULTADOS E EXTENSÃO

1. Calcule a molaridade, a molalidade, a percentagem mássica e a densidade da solução de NaOH que preparou.

2. Que particularidade da aparência do hidróxido de sódio sólido poderá justificar a afirmação "A concentração real da solução de NaOH preparada neste trabalho não é rigorosamente igual ao valor calculado na questão 1"? Explique.
(Considere, para o seu raciocínio, a concentração, real ou calculada, nas mesmas unidades).

3. Suponha que pretende preparar 1 dm^3 de uma solução aquosa 0,025 mol dm^{-3} em NaOH e 0,010 mol dm^{-3} em KBr, a partir dos solutos sólidos. Como deve proceder para preparar esta solução? (apresente os cálculos necessários).

4. Calcule a molaridade e a concentração em partes por milhão e em massa por volume (em g dm^{-3}) da solução de H_2SO_4 que preparou, a sua densidade e as fracções molares de H_2SO_4 e de H_2O na solução.

5. Que dado (numérico) possui em relação à solução comercial de ácido sulfúrico que possa justificar a afirmação "A concentração real da solução de H_2SO_4 preparada neste trabalho não é rigorosamente igual ao valor calculado na questão 4"? Explique.
(Considere, para o seu raciocínio, a concentração, real ou calculada, nas mesmas unidades).

6. Suponha que pretende preparar 100 cm^3 de uma solução aquosa de H_2SO_4 5 vezes mais diluída do que uma solução do mesmo soluto que existe em stock. Como deve proceder para obter aquela solução, a partir da solução existente? (apresente os cálculos necessários).

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____ ***Data:***_____

TRABALHO PRÁTICO Nº 2

PROBLEMA: *DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DO IÃO FOSFATO (PO_4^{3-}) EM ÁGUAS*

PARTE I

INTRODUÇÃO

O aumento da agricultura intensiva, que recorre abundantemente a pesticidas e fertilizantes, como forma de obter culturas abundantes, resistentes, atraentes e sãs no mais curto espaço de tempo, tem contribuído para a existência de vários problemas de natureza ambiental e da saúde das populações.

Um dos problemas associados ao uso excessivo de fertilizantes e de alguns pesticidas, a efluentes de indústrias agro-alimentares e ao uso de certos detergentes é o processo de eutrofização da água de alguns lagos e cursos de água. Este fenómeno está associado à existência de elevadas concentrações de nutrientes nas águas, em particular, de fosfatos e de nitratos, que é responsável pelo crescimento excessivo de algas à superfície, contribuindo para a sua multiplicação, principalmente em lagos e em reservatórios. Estas algas impedem o fornecimento de luz a outras formas de vida aquática, existentes a maior profundidade, que, morrendo, acabam por consumir o oxigénio dissolvido na água à medida que se decompõem. Este processo pode reduzir a concentração de oxigénio a níveis tão baixos que possam provocar a morte de outras formas de vida aquática, podendo mesmo conduzir à extinção de certas espécies e, em casos extremos, à cessação da vida aquática.

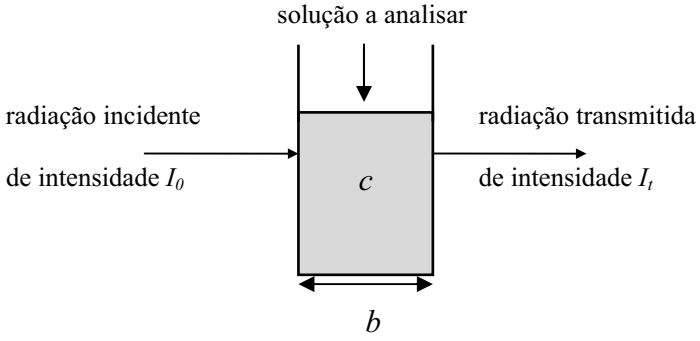
Neste trabalho pretende determinar-se a concentração do ião fosfato (PO_4^{3-}) na água da rede de abastecimento público e em amostras de água de origens diversas. Em análise química, surgem muitas vezes casos em que tem de se fazer o doseamento de quantidades extremamente pequenas de espécies químicas (“traços”) em amostras. Nestas situações, recorre-se a técnicas especiais de análise, uma das quais é a *espectrofotometria no visível*. Esta é, aliás, uma das

técnicas utilizadas em análises de águas na medição dos teores de iões poluentes, em particular em trabalhos de campo, em que se recorre a *kits*.

Nos doseamentos espectrofotométricos no visível, o teor da espécie química a dosear determina-se pela cor da solução na qual a espécie em questão esteja dissolvida. Se a solução for incolor, pode tornar-se corada adicionando-lhe qualquer substância que reaja quantitativamente (isto é, completamente) com a espécie química a dosear e cuja reacção origine um produto corado (é o caso do doseamento do ião fosfato, cujas soluções aquosas são incolores, em que se recorre à adição de uma mistura de reagentes para formar um composto corado). Quanto mais forte for a tonalidade, mais elevada é a concentração da espécie química na solução (e inversamente). A concentração é determinada, com rigor apreciável, pela espectrofotometria, que se baseia na lei da absorção de luz pelas soluções coradas. Se se fizer incidir um feixe luminoso monocromático (isto é, com um único comprimento de onda) de intensidade I_0 numa solução qualquer, parte dele é absorvido (I_a) e só o restante atravessará essa solução (I_t), ou seja:

$$I_0 = I_a + I_t$$

O valor de I_a depende quase exclusivamente da existência, na solução, de espécies químicas que absorvem a luz mais intensamente que o solvente correspondente (água, álcool, etc.). Portanto, o feixe de luz diminui de intensidade ao atravessar a solução. Esta diminuição é tanto mais importante, quanto mais elevado for o n.º de partículas absorventes que esse feixe encontre no seu percurso. Ora, a quantidade destas partículas absorventes atingidas pelo feixe de luz e, portanto, o grau de diminuição da sua intensidade, dependem, evidentemente, da natureza da espécie química que absorve a luz, da sua concentração na solução (c) e da espessura da camada de solução atravessada pelo feixe luminoso (b):



Esta dependência é representada pela seguinte relação, conhecida por *lei de Beer-Lambert*:

$$\log \frac{I_0}{I_t} = abc$$

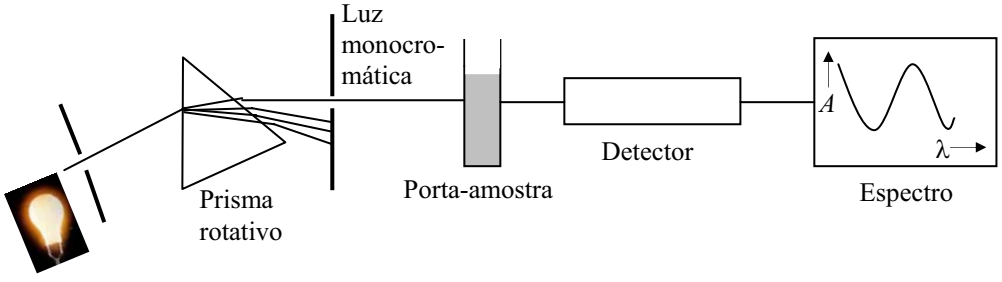
ou $$A = abc$$

em que A é a absorvância ($\log I_0/I_t$), que mede o grau de diminuição da intensidade de luz, e a é uma constante que depende da natureza da espécie absorvente e do comprimento de onda utilizado. Se a concentração (c) estiver expressa em mol dm^{-3} e o comprimento do percurso óptico (b) em cm, a constante a passa a ter o símbolo ε e chama-se absortividade molar (de unidades dm^{-3} mol^{-1} cm^{-1}). Então, escreve-se:

$$A = \varepsilon bc$$

O equipamento utilizado para medir as intensidades das radiações incidente e transmitida e, por conseguinte, a absorvância, designa-se por espectrofotómetro e é constituído, basicamente, por (ver figura abaixo):

- Uma fonte de luz branca (ou policromática).
- Um sistema óptico que encaminha esta luz para uma rede de difracção (ou para um prisma óptico) que a decompõe nas radiações de diferentes comprimentos de onda (c.d.o. ou λ) que a constituem.
- Um recipiente (célula, cuba ou porta-amostra) que contém a amostra da solução a analisar e que é atravessada pela radiação de c.d.o. escolhido.
- Um analisador da intensidade luminosa do feixe (detector).
- Um sistema electrónico de amplificação e leitura das informações dadas pelo detector ao qual está associada uma escala de absorvância. Em equipamentos mais sofisticados, é possível obter o registo dos valores de absorvância em função do c.d.o. de cada radiação incidente (espectro).



Fonte de luz branca

Neste trabalho, vai determinar-se a concentração do ião fosfato (PO_4^{3-}) por espectrofotometria no visível pelo método da recta de calibração. Ora, já se disse, as soluções aquosas do ião fosfato são incolores, ou seja, não absorvem radiação na região do visível (caso absorvessem luz do espectro visível, essas soluções – atravessadas pela luz branca – apresentariam a cor complementar das radiações absorvidas). Assim, é necessário transformar quantitativamente o ião fosfato numa outra espécie que seja corada. Uma reacção possível é a reacção, em meio ácido, deste ião com o molibdato de amónio, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, e o tartarato de antimonilo e potássio, $K(SbO)C_4H_4O_6$, formando-se o ácido fosfomolíbdico, $MoO_3 \cdot P_2O_5 \cdot xH_2O$, que, por sua vez, reage com o ácido ascórbico, $C_6H_8O_6$. Forma-se, então, um composto de cor azul que se doseia espectrofotometricamente (e cuja concentração é directamente proporcional à do ião fosfato).

Assim, preparam-se várias soluções do ião fosfato de concentração conhecida, as *soluções padrão*. Prepara-se, também, uma solução chamada o *branco*, que contém água destilada em vez de solução de ião fosfato, em igual volume. Em seguida, adiciona-se tanto às soluções padrão, como a igual volume de água destilada (o *branco*) e das soluções a analisar (de concentrações desconhecidas em fosfatos), o mesmo volume do *reagente de desenvolvimento de cor* (mistura dos reagentes responsáveis pela formação do composto de cor azul). (Portanto, o *branco* é uma solução que contém tudo o que os padrões contêm, excepto a espécie que se pretende dosear.) Selecciona-se no espectrofotómetro uma radiação monocromática, de preferência correspondente ao c.d.o. de maior absorção pelo composto azul. Coloca-se, no local adequado do espectrofotómetro, o *branco* e faz-se, então, a leitura da sua absorvância. Este valor (a absorvância do *branco*) é retirado automaticamente pelo aparelho às absorvâncias de todas as soluções seguintes, ou seja, as outras soluções de fosfatos (soluções padrão e amostras), de forma que estes valores já não ficam afectados pelas absorvâncias das espécies químicas que estão presentes para além da espécie que se pretende dosear. Lendo no espectrofotómetro os valores de absorvância, A, das soluções padrão no c.d.o. escolhido, traça-se um gráfico (recta de calibração do espectrofotómetro) de A em função da concentração das soluções de fosfato, c. Finalmente, com base nas absorvâncias das amostras de concentração desconhecida, pode determinar-se, a partir do gráfico, a concentração de ião fosfato em cada uma delas. (*NOTA*: Os valores das concentrações dos padrões devem abranger os valores das concentrações que se supõe que as amostras possuem, para que o método seja fiável).

TAREFA 1

Pretende determinar-se a concentração de PO_4^{3-} em duas amostras de água, por espectrofotometria no visível, pelo método da recta de calibração. Suponha que, por comparação com outras amostras de água com a mesma proveniência, se suspeita que as concentrações das amostras se situam entre 1 e 2 mg PO_4^{3-} /dm^3.

Sugira valores para as concentrações de PO_4^{3-} em três soluções padrão. Justifique a sua escolha.

Descreva como deve preparar as soluções padrão que indicou, a partir de uma solução padrão-mãe de fosfatos 10,97 mg KH_2PO_4/dm^3, explicitando os procedimentos técnicos e material adequado a utilizar. Apresente todos os cálculos necessários.

TAREFA 2

Construa, em papel milimétrico, uma simulação da recta de calibração que vai obter, com as soluções padrão referidas na Tarefa 1. Pense se deve incluir o ponto (0,0) e explique a sua opção. Explique como deve traçar a melhor recta. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil*.

TAREFA 3

Indique como, a partir da recta obtida na Tarefa 2, pode determinar a concentração de fosfatos nas duas amostras desconhecidas.

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____**Data:**_____

PARTE II

MATERIAL NECESSÁRIO

- 3 Balões volumétricos de 50 cm^3
- 1 Bureta de 25 cm^3
- Provetas de 5, 10, 20 e 50 cm^3
- 1 Pipeta volumétrica de 50 cm^3
- 1 Pompete
- 7 Erlenmeyers de 250 cm^3
- 1 Pipeta de Pasteur
- 1 Gobelé de 250 cm^3
- 1 Caneta de acetato
- Papel milimétrico
- Espectrofotómetro
- Células de vidro ou plástico
- Óculos de protecção
- Luvas descartáveis

REAGENTES

- Solução 2 mol dm^{-3} de H_2SO_4
- Solução 8,2x10^{-3} mol dm^{-3} de $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot {}^1/_2H_2O$
- Solução 0,032 mol dm^{-3} de $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$
- Solução 0,1 mol dm^{-3} de ácido ascórbico
- Solução padrão-mãe de fosfatos (10,97 mg KH_2PO_4 / dm^3)
- Água destilada

PROCEDIMENTO

Preparação das soluções padrão, do branco e das amostras

- Meça da bureta, para cada um de três balões volumétricos de 50 cm^3, respectivamente 5,0, 10,0 e 15,0 cm^3 da solução padrão-mãe de fosfatos, adicione água destilada até ao traço de referência e homogeneize. Identifique devidamente os balões (soluções padrão).
- Pipete 50 cm^3 de água destilada para um Erlenmeyer (este Erlenmeyer corresponde ao *branco*).

- Pipete 50 cm^3 de cada uma das duas amostras a analisar para dois Erlenmeyers. Identifique-os devidamente.

Preparação do reagente de desenvolvimento de cor

Num Erlenmeyer de 250 cm^3 misture (usando provetas), pela **ordem indicada,** e com agitação entre cada adição, as seguintes soluções:

- 50 cm^3 de solução 2 mol dm^{-3} de H_2SO_4
- 5 cm^3 de solução $8{,}2 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3} de $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot {}^1/_2H_2O$
- 15 cm^3 de solução 0,032 mol dm^{-3} de $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$
- 30 cm^3 de solução 0,1 mol dm^{-3} de ácido ascórbico

Determinação da absorvância das soluções

- Transfira as soluções padrão para Erlenmeyers de 250 cm^3. Identifique-os devidamente.
- Adicione a cada um dos seis Erlenmeyers (3 padrões, 2 amostras e o *branco*) 8 cm^3 (proveta) do reagente de desenvolvimento de cor e aguarde 15 minutos.
- Seguindo as instruções do espectrofotómetro, leia as absorvâncias das soluções para o c.d.o. de 880 nm.

ATENÇÃO *– Não elimine as soluções pela canalização das bancadas. Utilize recipientes próprios para o efeito, que tiver à sua disposição no laboratório.*

PARTE III

DISCUSSÃO DE RESULTADOS E EXTENSÃO

1. Calcule a concentração das soluções padrão em mg dm^{-3} de PO_4^3 (com o n.º correcto de algarismos significativos).

2. Construa, em papel milimétrico, a recta de calibração.

Nota* 1:Escolha adequadamente a escala a utilizar em cada eixo.*

***Nota* 2:** *Trace a melhor recta pelo método dos mínimos desvios quadrados. Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil.*

3. Determine, com o rigor adequado, as concentrações do ião fosfato (PO_4^{3-}) em mg dm^{-3} nas amostras analisadas.

4. Qual é o objectivo do ensaio em branco?

5. A lei limita as concentrações de fosfatos nas águas para consumo humano, entre outras. Consulte a legislação portuguesa em vigor e comente os valores obtidos para a concentração de fosfatos nas amostras analisadas, em termos de efeitos na saúde humana e no ambiente. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil*.

Nota: Em termos de legislação, o teor em fosfatos exprime-se em mg dm^{-3} de P_2O_5; faça, por isso, os cálculos que julgar necessários.

6. Atendendo à sua resposta em 5, que cuidados sugere que devam ser tidos ao eliminar os restos das soluções usadas neste trabalho?

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____ ***Data:***_____

TRABALHO PRÁTICO Nº 3

PROBLEMA: *DETERMINAÇÃO DA FÓRMULA EMPÍRICA DO ÓXIDO DE MAGNÉSIO*

PARTE I

INTRODUÇÃO

O magnésio é o quinto elemento mais abundante da crusta terrestre, aparecendo sempre combinado com outros elementos. Pode aparecer sob a forma de cloreto de magnésio, $MgCl_2$, e de sulfato de magnésio, $MgSO_4$, geralmente na água do mar e de certos lagos, ou sob a forma de minérios, sendo os mais abundantes, a magnesite, $MgCO_3$, e a dolomite, $MgCa(CO_3)_2$, que forma montanhas inteiras, como os Alpes Dolomíticos.

O magnésio metálico é preparado principalmente a partir do cloreto de magnésio das águas, através de um série de tratamentos químicos, sendo precisas 1000 t de água para obter 1 t de magnésio. No entanto, também se produz magnésio a partir do seu óxido, que se obtém por aquecimento da magnesite, recorrendo a processos químicos relativamente simples.

A afinidade do magnésio para o oxigénio torna-o muito útil em diversas aplicações, uma das quais tem por base uma particularidade muito interessante. O magnésio, quando aquecido ao ar, inflama-se com uma luz branca intensa, formando óxido de magnésio e nitreto de magnésio, Mg_2N_3, pelo que se usa em sinais luminosos pirotécnicos. Pela mesma razão, foi uma das primeiras substâncias a ser utilizada na iluminação fotográfica. É também muito utilizado em ligas metálicas, devido às suas propriedades físico-químicas e mecânicas, para aplicação na aeronáutica, na indústria automóvel, de electrodomésticos, entre outras. Certos compostos de magnésio são usados na indústria farmacêutica.

A sua vasta gama de aplicações torna o magnésio muito atractivo para o sector industrial, que procura materiais cada vez mais versáteis, pelo que dificilmente deixará de ser extraído, quer a partir das águas, quer a partir da exploração mineira. O mesmo pode dizer-se de outros

materiais, também eles obtidos a partir de recursos minerais. As indústrias mineiras, embora importantes para o desenvolvimento económico de um país, são das que mais visivelmente marcam de forma negativa a paisagem natural, causando alterações em ecossistemas, chegando mesmo a destruí-los, inclusivamente em áreas protegidas. Para além disto, diminuem e podem, até, esgotar fontes de matéria-prima, que são limitadas.

Entre as propriedades físicas de um mineral, uma das mais importantes é a sua estrutura cristalina, ou seja, o arranjo espacial dos seus átomos, moléculas ou iões numa rede tridimensional, que adopta quando se forma nas condições mais favoráveis. Embora alguns minerais assumam formas características, a estrutura cristalina não é suficiente para fazer a sua identificação e, em alguns casos, nem o conhecimento de outras propriedades físicas (entre as quais, propriedades ópticas, brilho, cor, dureza, elasticidade, etc.) chega para a identificação de um mineral. Casos há em que se tem de recorrer à análise química para a prova definitiva.

Para a identificação de um composto, é fundamental o conhecimento da sua *fórmula molecular*, ou seja, a fórmula que expressa a proporção *exacta* de combinação dos átomos dos diferentes elementos presentes na molécula, e que o representa simbolicamente. Isto só faz sentido no caso dos compostos *covalentes moleculares* que têm moléculas como unidades constituintes.

Nos compostos *covalentes de estrutura tridimensional* e nos compostos *iónicos*, as suas unidades constituintes são átomos e iões, respectivamente, que se encontram unidos entre si por ligações covalentes ou iónicas, formando redes tridimensionais macroscópicas. Nestes compostos, não faz sentido falar em moléculas e, consequentemente, em fórmulas moleculares. No entanto, é importante conhecer a proporção de combinação dos átomos dos diferentes elementos presentes nestes tipos de compostos. Por exemplo, no caso do composto cloreto de sódio (composto iónico), a conhecida fórmula NaCl é, nada mais que, uma *fórmula empírica*. O mesmo se pode dizer da fórmula SiO_2 do composto dióxido de silício (composto covalente de estrutura tridimensional). A fórmula empírica expressa a *menor* proporção de combinação entre os átomos (ou iões) dos elementos presentes nesse composto. Portanto, nestes tipos de compostos, é a fórmula empírica que os representa simbolicamente.

No caso dos compostos covalentes moleculares, também é útil o conhecimento das fórmulas empíricas. Do conhecimento da fórmula empírica e da massa molar de um composto (determinada experimentalmente por espectrometria de massa), é possível deduzir a sua fórmula molecular. Tanto no caso destes compostos, como nos compostos covalentes de estrutura

tridimensional e iónicos, as fórmulas empíricas podem deduzir-se a partir das respectivas composições mássicas percentuais (massa de cada elemento existente em 100 g do composto) determinadas experimentalmente por análise química, por exemplo, através da *análise gravimétrica*, ou *gravimetria*. Este tipo de análise, que se baseia na realização de pesagens, recorre para este fim a reacções de decomposição ou de combinação. No primeiro caso, mede-se a massa inicial da amostra e a massa de, pelo menos, um dos produtos de reacção. Por exemplo, na decomposição de cloreto de mercúrio,

$$Hg_nCl_m(s) \rightarrow n\ Hg(s) + m/2\ Cl_2(g)$$

mede-se a massa inicial de amostra e a massa final de mercúrio, sendo a massa de cloro calculada pela diferença entre aqueles dois valores.

Quando se utiliza uma reacção de combinação, determina-se a massa de um dos reagentes e a massa do produto final. Por exemplo, na reacção do ferro com o cloro,

$$x\ Fe(s) + y/2\ Cl_2(g) \rightarrow Fe_xCl_y(s)$$

basta medir a massa inicial de ferro e a massa do cloreto de ferro. A massa de cloro consumido calcula-se pela diferença entre aqueles dois valores.

TAREFA 1

Que procedimentos experimentais propõe para resolver o problema inicial? Faça referência ao material de laboratório e reagentes a utilizar e aos dados que precisa de recolher para fazer o cálculo necessário à determinação da fórmula empírica. *Recorra à bibliografia recomendada ou outra que considere útil*.

Sugestão: *Um óxido metálico pode obter-se da combustão do metal ao ar. No entanto, o aquecimento do magnésio ao ar dá origem, não só à formação do respectivo óxido, como também à de nitreto de magnésio, Mg_3N_2, que resulta da reacção daquele metal com o azoto. Adicionando água destilada aos produtos formados (ambos sólidos), a água reage com o nitreto de magnésio, dando origem ao hidróxido de magnésio (também sólido) e a amónia (solução aquosa de amoníaco), e reage com o óxido de magnésio produzindo também hidróxido de magnésio. O posterior aquecimento do hidróxido de magnésio desidrata-o, fazendo-o passar a óxido de magnésio, enquanto que o aquecimento da amónia provoca a libertação de amoníaco gasoso e vapor de água.*

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____***Data:***_____

PARTE II

MATERIAL NECESSÁRIO

- 1 Cadinho de níquel com tampa
- 1 Pinça para cadinhos
- 1 Triângulo de porcelana
- 1 Tripé
- 1 Vareta de vidro
- 1 Espátula
- 1 Bico de Meker
- 1 Bico de Bunsen
- Óculos de protecção
- 1 Balança electrónica (2 casas decimais)

REAGENTES

- Magnésio
- Água destilada

PROCEDIMENTO

ATENÇÃO – *Use sempre óculos de protecção.*

- Pese um cadinho de níquel com tampa e registe, convenientemente, o valor obtido.
- Aqueça o conjunto num bico de Bunsen (regule o bico de modo a obter uma chama azul forte) durante cerca de dois minutos.
- Deixe-o arrefecer até à temperatura ambiente e pese-o novamente. Se a diferença entre as duas pesagens for significativa aqueça-o outra vez (ou seja, aqueça o conjunto até obter 2 valores consecutivos que não variem mais do que 0,01 g); caso contrário, prossiga o trabalho.
- Pese no cadinho cerca de 0,5 g de fita de magnésio e registe o valor obtido.
- Tape o cadinho e aqueça-o no bico de Mecker, retirando a tampa verticalmente de vez em quando, para entrar oxigénio (a tampa serve para evitar perdas de óxido de magnésio por

sublimação). Quando, ao levantar a tampa, não observar mais a formação de incandescência ou de fumos brancos de óxido de magnésio, retire-a completamente e mantenha o aquecimento até obter pó cinzento (durante cerca de 3 minutos mais).

- Deixe o cadinho arrefecer até à temperatura ambiente e adicione-lhe 25 a 30 gotas de água destilada. Mexa cuidadosamente com a vareta e lave-a de seguida com um pouco de água destilada para dentro do cadinho. Tape-o novamente e aqueça até que o seu conteúdo fique completamente seco, usando desta vez o bico de Bunsen com chama fraca, mas azul, e fazendo movimentos circulares com o bico sob o cadinho.
- Se o composto apresentar uma cor cinzenta clara após o aquecimento (sinal de que já só existe óxido de magnésio), deixe arrefecer até à temperatura ambiente e pese o conjunto (registe o valor obtido). Contudo, se observar áreas negras (de nitreto de magnésio) bem definidas, repita a adição de água destilada e o aquecimento à secura.

REGISTO DE DADOS

Massa inicial do cadinho e tampa _____

Massa do cadinho e tampa após o aquecimento final _____

Massa de magnésio _____

Massa final do cadinho, tampa e conteúdo _____

ATENÇÃO *– Não elimine os reagentes pela canalização das bancadas. Utilize recipientes próprios para o efeito, que tiver à sua disposição no laboratório.*

PARTE III

DISCUSSÃO DE RESULTADOS E EXTENSÃO

1.

a) De que tipo é o composto óxido de magnésio? Quais são as espécies químicas constituintes (ou unidades básicas) do óxido de magnésio?

b) Fará sentido falar em fórmula molecular do óxido de magnésio? Justifique.

2. Determine a fórmula empírica do óxido de magnésio.

3. Calcule as percentagens mássicas de magnésio e de oxigénio no óxido de magnésio.

4. Escreva as equações químicas correspondentes às reacções:

a) do magnésio com o oxigénio para formar o óxido de magnésio e da reacção deste com a água.

b) do magnésio com o azoto para formar o nitreto de magnésio e da reacção deste com a água.

c) da desidratação do hidróxido de magnésio por aquecimento.

5. Qual seria a influência da não eliminação do nitreto de magnésio com a água destilada no estabelecimento da fórmula empírica do óxido de magnésio por este processo? E da combustão incompleta do magnésio? Justifique.

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____***Data:***_____

TRABALHO PRÁTICO Nº 4

PROBLEMA: *DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO NUMA CHUVA ÁCIDA*

PARTE I

INTRODUÇÃO

Chuva ácida

A chuva ácida é, como o nome sugere, uma chuva com razoável grau de acidez, ou seja, uma chuva cujo pH é inferior ao da chuva comum. O pH da chuva comum poderá atingir 5,5, devido à existência do CO_2 atmosférico dissolvido na água da chuva, mas dificilmente atinge valores inferiores. Ao cair sobre certos edifícios e estátuas, a chuva pode danificá-los em maior ou menor extensão, dependendo do tipo de rocha com que foram construídos e, naturalmente, do pH da água da chuva. Este fenómeno causa, anualmente, o equivalente a centenas de milhões de euros de prejuízos em todo o mundo. A vegetação e a vida aquática também podem ser afectadas pela chuva ácida, chegando a ocorrer a destruição de terrenos agrícolas e florestais e de organismos marinhos.

Origens da chuva ácida

A origem da chuva ácida está associada a certos poluentes da atmosfera que são dissolvidos pela água da chuva. Os principais responsáveis por este problema ambiental são o dióxido de enxofre, $S0_2$, e, em menor grau, os óxidos de azoto, NO_x. O dióxido de enxofre provém, em parte, das emissões de erupções vulcânicas. Mas as principais fontes de $S0_2$ são a queima de combustíveis fósseis na indústria, em centrais de produção de energia eléctrica e nas habitações (os combustíveis fósseis contêm teores variáveis de enxofre) e a extracção de metais a partir de minérios, uma vez que muitos metais se apresentam na Natureza combinados com o

enxofre. Ao todo, são libertadas por ano para a atmosfera cerca de 50 a 60 milhões de toneladas de $S0_2$. Os óxidos de azoto são provenientes de gases de escape dos automóveis.

Reacções associadas

O dióxido de enxofre pode sofrer certas reacções na atmosfera, de que resulta o trióxido de enxofre, $S0_3$. Por sua vez, o $S0_2$ e o $S0_3$ reagem com a água da chuva originando os respectivos ácidos, o ácido sulfuroso, H_2SO_3, e o ácido sulfúrico, H_2SO_4. São, pois, estes ácidos os principais responsáveis pela diminuição do pH das águas das chuvas, ao sofrerem reacções de ionização na presença de água, principalmente em regiões onde existem elevados níveis de poluição atmosférica.

Determinação laboratorial da concentração de uma solução ácida

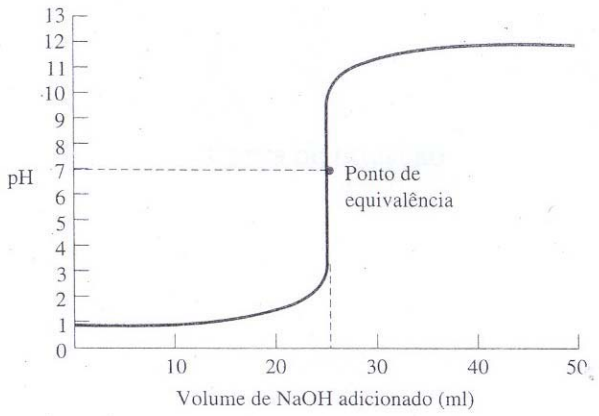
A água de uma chuva ácida é, na realidade, uma solução aquosa de um ou vários ácidos, como o H_2SO_3 ou o H_2SO_4. A concentração de ácido das águas das chuvas pode ser determinada laboratorialmente, recorrendo a análises volumétricas do tipo ácido-base, que se baseiam na medição de volumes de soluções de ácidos e de bases, envolvidas em reacções do tipo ácido-base (*Volumetria Ácido-Base*).

A *Volumetria* é realizada recorrendo a uma operação denominada *titulação*, que é um processo que permite calcular a concentração (ou o *título*) de uma solução, através da determinação do volume exacto de outra solução de concentração rigorosamente conhecida (solução padrão), volume este que é necessário para reagir completamente com um volume conhecido da solução que está a ser analisada. Conhecendo os volumes gastos das soluções, a concentração de uma das soluções e a estequiometria da reacção entre os reagentes em causa (neste caso, entre o ácido e a base), podemos calcular a concentração da solução em análise.

Do ponto de vista experimental, numa titulação, a solução de concentração conhecida (designada por *solução titulante*) é adicionada gota a gota a outra solução cuja concentração se pretende determinar (designada por *solução titulada*), até que a reacção entre estas duas soluções esteja completa, ou seja, até que os reagentes (ácido e base, neste caso) se encontrem na proporção estequiométrica da reacção entre eles. Neste instante, diz-se que se atingiu o *ponto de equivalência da titulação* e é neste momento que se deveria terminar a adição da solução titulante. O ponto de equivalência é, pois, um conceito teórico.

Determinação do ponto final da titulação

Na prática, o que se determina é o ponto final da titulação. Pretende-se, contudo, que eles sejam o mais próximos possível. À diferença existente entre ambos chama-se *erro da titulação*, que é um erro inerente a esta técnica. Para se detectar o ponto final da titulação é necessário que, nesse momento, haja uma mudança brusca de uma propriedade da solução resultante (da adição da solução titulante à solução titulada), como por exemplo uma variação de cor, a formação de um precipitado, ou a variação de pH. No caso da titulação de uma solução de um ácido forte com uma solução de base forte, o pH inicial da solução titulada é inferior a 7; à medida que se vai adicionando solução de base, vai ocorrendo uma reacção de neutralização e o pH vai subindo; quando os reagentes estiverem em quantidades estequiométricas, ou seja, no ponto de equivalência, o pH atinge o valor 7 (a 25 ºC); continuando a adicionar solução de base, o pH continua a subir para valores básicos. Verifica-se, no entanto que, junto ao ponto de equivalência, há uma variação brusca do pH da solução resultante de pH 3 a pH 10 com a adição de apenas uma gota de solução titulante.



Como tanto os reagentes como os produtos de reacção são incolores, é necessário recorrer ao uso de substâncias apropriadas para detectar o ponto final da titulação. Os *indicadores ácido-base* são substâncias que apresentam uma coloração diferente consoante o pH do meio. Assim, antes de se começar a titulação, adicionamos um indicador ácido-base à solução titulada. Há numerosos indicadores deste tipo, mudando cada um deles de cor num determinado intervalo de pH, intervalo este denominado *zona de viragem*. Na tabela seguinte mostram-se vários exemplos de indicadores ácido-base comuns.

ALGUNS INDICADORES ÁCIDO-BASE:

Indicador	Zona de viragem (ΔpH)	Cor em meio ácido	Cor em meio básico
Azul de timol	1,2 - 2,8	rosa	azul
Azul de bromofenol	3,0 – 4,6	amarelo	púrpura-azulado
Alaranjado de metilo	3,2 – 4,4	laranja	amarelo
Vermelho de metilo	4,2 – 6,3	vermelho	amarelo
Azul de clorofenol	4,8 – 6,4	amarelo	vermelho
Azul de bromotimol	6,0 – 7,6	amarelo	azul
Vermelho de cresol	7,2 – 8,8	amarelo	vermelho
Fenolftaleína	8,3 – 10,0	incolor	carmim

Na escolha de um indicador apropriado para uma titulação, deve ter-se em conta que a sua zona de viragem deve ser incluída pela variação de pH que ocorre junto ao ponto de equivalência.

Determinação volumétrica da concentração de ácido numa chuva ácida

Neste trabalho pretende determinar-se a concentração de ácido numa amostra de água de chuva ácida, recorrendo à volumetria ácido-base. Na realidade, o que se vai fazer é proceder-se à determinação da concentração de uma solução de ácido sulfúrico, H_2SO_4, que simulará uma amostra de chuva ácida, embora com concentrações superiores e com um só ácido. Para tal, vai proceder-se à titulação de um volume conhecido de solução de ácido sulfúrico (ácido forte) com uma solução de hidróxido de sódio, NaOH (base forte) de concentração rigorosamente conhecida.

Requisitos prévios

Vão ser utilizadas as soluções de NaOH que cada grupo preparou no trabalho prático nº 1 sobre preparação de soluções. Foram preparadas soluções aquosas de NaOH de concentração aproximadamente 0,05 mol dm^{-3}. Ora, o hidróxido de sódio é uma substância higroscópica, isto é, absorve a humidade atmosférica e está geralmente contaminado com $CaCO_3$, o que significa que a concentração das soluções preparadas não é rigorosa, sendo o seu valor real diferente do valor calculado. Mas é possível determinar rigorosamente as concentrações das suas soluções (padronização), e uma vez este processo feito, poderemos utilizá-las para determinar rigorosamente a concentração de outras soluções (ácidas, naturalmente).

Portanto, teremos primeiro de proceder à padronização da solução de NaOH que cada grupo usará. Este processo corresponde a efectuar uma titulação em que se titula a solução de NaOH com uma solução de um ácido de concentração conhecida com rigor (neste caso, com uma solução de HCl de concentração igual a 0,010 mol dm^{-3}). Posteriormente, será determinada, por titulação ácido-base, a concentração da solução de H_2SO_4 (suposta água de chuva ácida), utilizando, agora, a concentração real (rigorosa) da solução básica e não o valor aproximado que se calculou no trabalho prático nº 1.

TAREFA 1

Descreva como deve fazer para determinar a concentração de H_2SO_4 de uma suposta amostra de chuva ácida, explicitando os procedimentos técnicos e material adequado a utilizar. Indique ainda os dados que precisa de recolher para poder calcular a concentração de ácido sulfúrico da amostra. *Recorra à bibliografia recomendada ou a outra que considere útil*.

TAREFA 2

Escolha o(s) indicador(es) apropriado(s) para as titulações que vai efectuar (padronização da solução de NaOH e titulação da suposta amostra de chuva ácida), de acordo com as características dos indicadores e recorrendo às curvas de titulação que se obtêm em cada caso. *Recorra à bibliografia recomendada ou a outra que considere útil*.

TAREFA 3

Explique qual é o objectivo da padronização da solução de NaOH que preparou anteriormente a partir do soluto sólido.

TAREFA 4

Efectue os cálculos necessários para preparar 200,0 cm^3 de uma solução de NaOH *5* vezes mais diluída, a partir da solução NaOH que preparou no trabalho prático nº 1.

Nomes dos alunos:_____

Turma:_____***Data:***_____

PARTE II

MATERIAL NECESSÁRIO

- 1 Suporte para bureta
- 2 Buretas de 25 cm^3
- 1 Bureta de 50 cm^3
- 1 Funil
- 1 Gobelé de 50 cm^3
- 3 Erlenmeyers de 250 cm^3
- 2 Pipetas volumétricas de 20 cm^3
- 1 Proveta de 50 cm^3
- 1 Balão volumétrico de 200 cm^3
- 1 Pipeta de Pasteur
- 1 Pompete
- Óculos de protecção
- Luvas descartáveis
- 1 Caneta de acetato

REAGENTES

- Solução de fenolftaleína
- Solução de azul de bromotimol
- Solução aquosa padrão 0,010 mol dm^{-3} de HCl
- Solução aquosa de NaOH aproximadamente 0,05 mol dm^{-3} (preparada no trabalho nº1)
- Solução aquosa de H_2SO_4 de concentração desconhecida
- Água destilada

PROCEDIMENTO

Diluição prévia: Preparar 200,00 cm^3 de uma solução aquosa de NaOH 5 vezes mais diluída, a partir da solução de NaOH que preparou no trabalho prático nº 1.

- Prepare devidamente a solução diluída (use a bureta de 50 cm^3 para medir o volume da solução de NaOH a diluir).

Padronização da solução diluída de NaOH

Titule a solução diluída de NaOH, para a padronizar, com a solução padrão de HCl 0,010 mol dm^{-3}, da seguinte maneira:

- Meça rigorosamente 20,0 cm^3 (pipeta volumétrica) da solução diluída de NaOH para um Erlenmeyer.
- Adicione-lhe cerca de 50 cm^3 (com uma proveta) de água destilada (esta adição destina-se apenas a aumentar o volume da solução a analisar, para uma melhor visualização do ponto final; note que o n.º de moles de soluto a analisar permanece inalterado) e 2-3 gotas do indicador azul de bromotimol.
- Encha a bureta com a solução padrão de HCl, com a ajuda de um funil e retire-o de seguida; elimine o ar existente na parte posterior da torneira e acerte o zero.
- Adicione a solução ácida à solução básica, gota a gota e com agitação, até atingir o ponto final da titulação, ou seja, até se obter uma mudança de cor permanente de azul para amarelo. Tome nota do volume gasto no Quadro I do Registo de dados. Repita o ensaio mais duas vezes e utilize para cálculos a mediana dos valores obtidos.

Determinação da concentração da solução de H_2SO_4 (amostra de "chuva ácida")

***ATENÇÃO** – Lave cuidadosamente todo o material de vidro que utilizou, primeiro com água corrente e depois com vários volumes de água destilada.*

Titule a solução de H_2SO_4 com a solução padronizada de NaOH, da seguinte maneira:

- Meça rigorosamente 20,0 cm^3, com uma pipeta volumétrica, da solução de H_2SO_4 para um Erlenmeyer.
- Adicione-lhe cerca de 50 cm^3 (com uma proveta) de água destilada (esta adição destina-se apenas a aumentar o volume da solução a analisar, para uma melhor visualização do

ponto final; note que o n.º de moles de soluto a analisar permanece inalterado) e 3-5 gotas do indicador fenolftaleína.

- Encha a bureta com a solução padronizada de NaOH e titule a solução ácida até à viragem do indicador, ou seja, até obter uma coloração rósea permanente. Registe o volume gasto no Quadro II do Registo de dados.
- Repita este procedimento mais 2 vezes e utilize para cálculos a mediana dos resultados obtidos.

REGISTO DE DADOS

Quadro I – Volumes gastos de solução padrão de HCl 0,010 mol dm^{-3}, na padronização da solução diluída de NaOH.

	1º Ensaio	2º Ensaio	3º Ensaio	Mediana
Volume gasto (cm^3)				

Quadro II – Volumes gastos de solução padronizada de NaOH, na titulação da solução de H_2SO_4 (amostra de "chuva ácida").

	1º Ensaio	2º Ensaio	3º Ensaio	Mediana
Volume gasto (cm^3)				

PARTE III

DISCUSSÃO DE RESULTADOS E EXTENSÃO

1. . Calcule a molaridade rigorosa da solução de NaOH que padronizou (solução diluída) e da solução de NaOH que preparou no trabalho prático n.º 1 (com o n.º de algarismos significativos adequado). Escreva a equação química, devidamente acertada, da reacção que ocorreu entre a solução titulante e a solução titulada.

2. Determine a molaridade da solução de H_2SO_4 (com o n.º correcto de algarismos significativos). Escreva a equação química, devidamente acertada, da reacção que ocorreu entre a solução titulante e a solução titulada.

3. Calcule o valor de pH aproximado da solução de H_2SO_4 (suposta amostra de chuva ácida).

4. Se, numa titulação, a bureta contiver inicialmente bolhas de ar na solução titulante, mas estas desaparecerem durante a titulação, qual será o efeito sobre o valor calculado da concentração da solução titulada? E se as bolhas não desaparecerem?

ANEXO IV

Fichas Teórico-práticas (primeira fase do estudo)

1. NOTAÇÃO CIENTÍFICA E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

1. Expresse os números seguintes em notação científica:

a) 628,42

b) 0,000324

c) 1025

2. Expresse os números seguintes na forma decimal:

a) $2{,}43 \times 10^{-4}$

b) $4{,}276 \times 10^{2}$

c) $1{,}02 \times 10^{-3}$

3. Indique o número de algarismos significativos nas seguintes medições:

a) 1,040 g

b) 0,0030 L

c) $6{,}075 \times 10^{24}$ átomos

d) 35 ºC

e) 0,2450 m

f) $4{,}2 \times 10^{-3}$ m^3

4. Efectue os seguintes cálculos e indique o resultado em notação científica:

a) $425{,}24 + 4{,}3 \times 10^{-2}$

b) $5{,}30 \times 10^{-3} - 4{,}2 \times 10^{-5}$

c) $6{,}32 \times 10^{2}$ **:** 0,021

d) $4{,}25 \times 10^{5}$ **x** 326,5

5. Exprima o resultado das seguintes operações com o número devido de algarismos significativos:

a) 67,314 + 0,0854

b) 234,55 - 26,4

c) $2{,}41 \times 10^{-26} - 7{,}83 \times 10^{-25} + 5{,}4 \times 10^{-24}$

d) 52,814 **x** 0,0023

e) $4{,}3 \times 10^{-12}$ **:** $2{,}632 \times 10^{-26}$

f) $2{,}64 \times 10^{3} + 3{,}12 \times 10^{2}$

6. Para calcular o perímetro de uma placa circular em cobre, dois estudantes mediram o seu diâmetro utilizando aparelhos de medida diferentes. Os resultados foram:

estudante **A**: 4,1 dm estudante **B**: 4,12 dm

a) Como deverá cada estudante apresentar o resultado obtido para o perímetro da placa?

b) Exprima o resultado obtido pelo estudante A em milímetros.

2. FÓRMULAS EMPÍRICAS

1. Determine as fórmulas empíricas dos compostos com as seguintes composições:

a) 2,1 % H; 65,3 % O; 32,6 % S

b) 20,2 % Al; 79,8 % Cl

c) 40,1 % C; 6,6 % H; 53,3 % O

d) 18,4 % C; 21,5 % N; 60,1 % K

2. O álcool cinâmico, muito usado em perfumaria, tem a fórmula molecular $C_9H_{10}O$.

a) Calcule a composição, em percentagem, deste álcool.

b) Quantas moléculas de álcool cinâmico existem numa amostra com 0,469 g?

3. A análise do cloreto de um metal X, cuja fórmula é XCl_3, mostrou que ele contém 67,2 %, em massa, de cloro. Calcule a massa atómica de X e identifique o elemento.

4. A mioglobina armazena nos músculos o oxigénio utilizado nos processos metabólicos. A análise química deste composto mostra que ele contém 0,34 %, em massa, de Fe. Calcule a massa molar da mioglobina, partindo do princípio que uma molécula contém um só átomo de ferro.

5. Uma amostra com $7,5 \times 10^{20}$ moléculas de ciclo-hexano contém $4,5 \times 10^{21}$ átomos de carbono e $9,0 \times 10^{21}$ átomos de hidrogénio. Determine a fórmula molecular e empírica deste composto.

6. Provoca-se a combustão de 0,25 moles de um hidrocarboneto, obtendo-se 0,50 moles de CO_2 e 0,50 moles de H_2O. Determine a fórmula molecular e empírica do hidrocarboneto.

SOLUÇÕES: Fórmulas empíricas

1.

a) H_2SO_4
b) $AlCl_3$
c) CH_2O
d) KCN

2.

a) 80,55 % C 7,53 % H 11,92 % O
b) 2,10 x 10^{21} moléculas

3. 51,9 u Cr

4. 1,6 x 10^4 g/mol

5. C_6H_{12} CH_2

6. C_2H_4 CH_2

3. NOMENCLATURA DE COMPOSTOS INORGÂNICOS

1. Indique o nome ou a fórmula química dos seguintes catiões:

Na^+ _____ ião cálcio _____ NH_4^+ _____

ião ferro(II) _____ ião ferro(III) _____ Cu^{2+} _____

Cu^+ _____ Hg_2^{2+} _____ ião hidrónio _____

2. Indique o nome ou a fórmula dos seguintes aniões:

SO_4^{2-} _____ ião nitrato _____ ião nitrito _____

F^- _____ P^{3-} _____ ClO_2^- _____

ião clorato _____ ião hipoclorito _____ ClO_4^- _____

3. Indique o nome ou as fórmulas dos seguintes óxidos:

N_2O _____ Cu_2O _____

N_2O_4 _____ P_2O_5 _____

SO_2 _____ peróxido de potássio _____

óxido de estanho(IV) _____ óxido de alumínio _____

monóxido de carbono _____ óxido de magnésio _____

4. Escreva a fórmula química de cada um dos compostos:

hidróxido de cálcio _____ sulfato de cobre(I) _____

nitrito de magnésio _____ sulfito de zinco _____

permanganato de potássio _____ carbonato de sódio _____

sulfeto de lítio _____ cianeto de cobre(II) _____

acetato de amónio _____ fosfato de cálcio _____

cloreto de manganésio(IV) _____ hidrogenossulfato de cálcio _____

5. Escreva o nome dos seguintes compostos:

$NaNO_3$ _____ HNO_2 _____

H_2O_2 _____ $CuCl_2$ _____

NH_4F _____ $Mg(OH)_2$ _____

$Al_2(SO_4)_3$ _____ ZnS _____

Na_3N _____ $CaSO_3$ _____

$SnBr_2$ _____ $Pb(NO_3)_2$ _____

4. CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÕES

1. Uma solução é composta por 10,0 g de ácido fórmico, HCOOH, e por 40,0 g de água.

a) Calcule a molalidade desta solução em HCOOH.

b) Calcule a fracção molar do ácido fórmico na solução.

c) Calcule a concentração de HCOOH na solução em partes por milhão.

2. Calcule a molalidade das seguintes soluções:

a) 40,0 g de KBr em 1500 g de H_2O.

b) 40,0 g de KBr em 1500 g de solução.

c) 20,2 g de CH_3OH em 500 g de H_2O.

3. Pretendemos preparar 100 g de uma solução de etilenoglicol ($C_2H_6O_2$) e água, na qual a fracção molar do etilenoglicol seja 0,200. Calcule as massas dos dois componentes necessárias para a preparação.

4. Uma solução aquosa de sulfato de magnésio, $MgSO_4$, é 0,0500 molal (ou mol kg^{-1}). Calcule a percentagem mássica e a concentração em partes por milhão de $MgSO_4$ nesta solução.

5. Dizer que a densidade relativa de uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) é 1,12 é equivalente a afirmar que:

a) Há 1,12 g de NaCl por cm^3 de solução.

b) A solução é 1,12 mol dm^{-3} em NaCl.

c) A massa de 1 cm^3 de solução é 1,12 g.

d) Em 100 g de solução, 1,12 g são de NaCl e 98,88 g são de água.

6. Uma solução de K_2CrO_4 tem 3,00 % de cromato de potássio e 97,00 % de água, em massa. A densidade da solução é 1,021 g/mL. Calcule a molaridade da solução.

7. Calcule a molaridade, molalidade e a fracção molar de NH_3 para uma solução de 30,0 g de NH_3 em 70,0 g de H_2O. A densidade da solução é 0,982 g/mL.

8. A solubilidade do NaCl em água, a 20 °C, é 36,0 g de NaCl por 100 g de H_2O. Calcule esta solubilidade em:

a) Percentagem em massa.

b) Molaridade.

c) Massa por volume (em g dm^{-3}).

A densidade da solução saturada é 1,201 g/mL.

9. A quantidade de álcool existente nas bebidas alcoólicas fortes é dada normalmente em termos de graduação que se define como a percentagem em volume de etanol (C_2H_5OH) presente. Calcule a massa (em gramas) de álcool presente num litro de gim com uma graduação de 37,5 % (v/v). A densidade do etanol é 0,798 g/mL.

10. As soluções saturadas de NH_4Br em água contêm 37,7 % (m/m) de NH_4Br, a 0 °C, e 55,8 % de NH_4Br, a 80 °C. Preparou-se uma solução com 50,0 g de NH_4Br e 50,0 g de H_2O a 80 °C que se arrefeceu até 0 °C. Qual a massa de NH_4Br que precipitou? (Suponha que não houve evaporação de água, nem fenómenos de supersaturação).

11. A solubilidade de KNO_3 é 155 g por 100 g de água a 75 °C e 38,0 g a 25 °C. Que massa de KNO_3 (em gramas) cristalizará a partir da solução quando se arrefecem 100 g da sua solução saturada de 75 °C até 25 °C?

12. Como pode preparar-se 250,0 mL de uma solução aquosa de sulfato de sódio, de concentração 0,100 mol L^{-1}, a partir do sólido?

13. Como pode preparar-se 50,0 cm^{-3} de uma solução aquosa 0,040 mol dm^{-3} de Na_2SO_4, a partir de uma solução aquosa 0,100 mol dm^{-3} de Na_2SO_4?

14. Diluíram-se 25,0 ml de solução 2,50 mol dm^{-3} de $CuSO_4$ com água destilada até perfazer o volume de 450 ml. A molaridade da solução é:

a) 0,139 mol dm^{-3}.

b) 0,132 mol dm^{-3}.

c) 0,0222 mol dm^{-3}.

d) 0,0211 mol dm^{-3}.

e) 7,20 mol dm^{-3}.

SOLUÇÕES: Concentração de soluções

1.

a) 5,43 mol/kg
b) 8,90 x 10^{-2}
c) 8,00 x 10^{5} ppm

2.

a) 0,224 mol/kg
b) 0,230 mol/kg
c) 1,26 mol/kg

3. 46,3 g de $C_2H_6O_2$ 53,7 g de H_2O

4. 0,598 % 5,98 x 10^{3} ppm

5. c)

6. 0,158 mol/L

7. 17,3 mol/dm^3 25,2 mol/kg 0,312

8.

a) 26,5 %
b) 5,44 mol/L
c) 319 g/L

9. 299 g

10. 19,7 g

11. 45,9 g

12. Num gobelé, dissolvem-se em água destilada 3,55 g de sulfato de sódio sólido. Transfere-se quantitativamente a solução para um balão volumétrico de 250 mL com a ajuda de uma vareta de vidro e de um funil. Perfaz-se o volume da solução com água destilada, tapa-se o balão e homogeneiza-se a solução.

13. Para um balão volumétrico de 50 mL, pipetam-se 20 mL de solução 0,100 mol dm^{-3} de sulfato de sódio. Perfaz-se o volume da solução com água destilada, tapa-se o balão e homogeneiza-se a solução.

14. a)

5. LIGAÇÃO QUÍMICA E GEOMETRIA MOLECULAR

1. Represente as estruturas de Lewis das seguintes espécies químicas:

a) Al **b)** Al^{3+} **c)** N **d)** P **e)** S^{2-} **f)** Mg^{2+} **g)** N^{3-}

h) Ca^{2+} **i)** P^{3-} **j)** O^{2-}

2.

a) Utilize a notação de Lewis para ilustrar a formação dos seguintes compostos:

i) cloreto de hidrogénio **ii)** fluoreto de magnésio **iii)** hidreto de cálcio
iv) nitreto de cálcio **v)** óxido de magnésio **vi)** tricloreto de fósforo
vii) óxido de lítio **viii)** dióxido de carbono **ix)** água

b) Para cada alínea, indique o tipo de ligação química estabelecida em cada composto e o tipo de composto formado.

3. Diga que tipo de ligação química se estabelece entre os átomos dos seguintes elementos:

a) Na e Cl **b)** P e H **c)** Br **d)** K

4. Classifique as seguintes substâncias como compostos iónicos, compostos covalentes moleculares ou compostos covalentes de estrutura tridimensional:

a) CH_4 **b)** KF **c)** SiO_2 **d)** $MgCl_2$ **e)** $C_{(diamante)}$

5. Coloque as seguintes ligações por ordem crescente de carácter iónico: a ligação Li-F em LiF, a ligação K-O em K_2O; a ligação N-N em N_2; a ligação S-O em SO_2; a ligação Cl-F em ClF_3.

6.

a) Represente as estruturas de Lewis das seguintes moléculas:

i) CH_4 **ii)** H_2O **iii)** XeF_2 **iv)** NH_3 **v)** SO_2

vi) PH_3 **vii)** BeH_2 **viii)** IF_5 **ix)** OF_2

b) Em quais das moléculas anteriores existem átomos que não obedecem à regra do octeto?

c) Para cada uma das moléculas da alínea 6. a), indique:

i) o nº estéreo do átomo central;
ii) a geometria dos pares electrónicos de valência;
iii) o nº de pares isolados;
iv) a forma geométrica da molécula;
v) o seu carácter polar ou apolar.

7. Escreva as estruturas de Lewis para BrF_3; ClF_5 e IF_6. Identifique aquelas em que a regra do octeto não é obedecida.

8. Desenhe três estruturas de ressonância plausíveis para o OCN^-.

9. Utilize o modelo RPECV para prever a geometria das seguintes moléculas:

a) PCl_3 **b)** $CHCl_3$ **c)** SiH_4 **d)** PCl_5

10. Considere as seguintes moléculas:

a) BH_2 **b)** CBr_4 **c)** XeF_4 **d)** BF_3

Para cada uma delas indique:

i) o nº estéreo do átomo central;
ii) a geometria dos pares electrónicos de valência;
iii) o nº de pares isolados;
iv) a forma geométrica da molécula;
v) o seu carácter polar ou apolar.

11. Ordene as seguintes moléculas por ordem crescente do momento dipolar.

H_2O; H_2S; H_2Te; H_2Se

12. Faça um esboço dos momentos dipolares das ligações e dos momentos dipolares resultantes para as seguintes moléculas:

a) H_2O **b)** PCl_3 **c)** CH_4 **d)** PCl_5 **e)** SF_6

6. FORÇAS INTERMOLECULARES

1. As substâncias Br_2 e ICl têm o mesmo n.º total de electrões, contudo o Br_2 funde a -7,2 ºC enquanto que o ICl funde a 27,2 ºC. Explique porquê.

2. Para cada par de substâncias seguintes, indique a que pensa ter maior ponto de ebulição. Justifique.

a) Ne e Xe

b) CO_2 e CS_2

c) CH_4 e Cl_2

d) F_2 e LiF

e) NH_3 e PH_3

f) O_2 e H_2S

g) Etanol (CH_3CH_2OH) e éter dimetílico (CH_3-O-CH_3)

3. A ligação de hidrogénio no HF é mais forte que em H_2O. Como explica que o ponto de ebulição nesta última seja mais elevado no HF?

M_r (H_2O) = 18; p.e. = 100,0 ^oC

M_r (HF) = 20; p.e. = 19,4 ^oC

4. Indicar, em cada par das seguintes substâncias, qual espera ser mais solúvel em água.

a) C_2H_6 ou C_3H_8

b) KCl ou CCl_4

c) CH_3COOH ou $CH_3CH_2CH_2COOH$

d) H_2 ou H_2O_2

e) CH_3F ou CH_3I

f) $(C_3H_7)_3N$ ou $(CH_3)_3N$

7. CALORES DE REACÇÃO

1. Explique a razão do arrefecimento que se sente na pele quando se esfrega etanol, C_2H_5OH, sabendo que:

$$C_2H_5OH(l) \rightarrow C_2H_5OH(g) \qquad \Delta H^0 = 42{,}2 \text{ kJ}$$

2. Calcule o ΔH^0 da reacção:

$$CCl_4(g) + 2\ F_2(g) \rightarrow CF_4(g) + 2\ Cl_2(g)$$

a partir das seguintes energias de ligação:

ΔH^0 (C-Cl) = 331 kJ/mol

ΔH^0 (F-F) = 155 kJ/mol

ΔH^0 (C-F) = 439 kJ/mol

ΔH^0 (Cl-Cl) = 243 kJ/mol

3. Considere a seguinte reacção:

$$2\ CH_3OH(l) + 3\ O_2(g) \rightarrow 4\ H_2O(l) + 2\ CO_2(g) \qquad \Delta H^0 = -\ 1452{,}8 \text{ kJ}$$

Qual é o valor de ΔH^0 da reacção quando:

a) A equação química for multiplicada por dois.

b) A reacção é invertida.

c) Se forma vapor de água em vez de água líquida, sabendo que $\Delta H^0_{vap}\,(H_2O(l)) = 44$ kJ/mol

4. Considere a reacção de dissolução do cloreto de sódio, NaCl, em água:

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Sabendo que:

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g) \qquad \Delta H^0 = 788 \text{ kJ}$$

$$Na^+(g) + Cl^-(g) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq) \qquad \Delta H^0 = -\ 784 \text{ kJ}$$

calcule o calor de dissolução molar de cloreto de sódio.

5. Sabendo que:

$$\Delta H^0_f\,(H_2O(l)) = -\,285{,}8 \text{ kJ/mol}$$
$$\Delta H^0_f\,(C_2H_5OH(l)) = -\,276{,}98 \text{ kJ/mol}$$
$$\Delta H^0_f\,(N_2H_4(g)) = 50{,}4 \text{ kJ/mol}$$
$$\Delta H^0_f\,(NH_4Cl(s)) = -\,315{,}39 \text{ kJ/mol}$$

escreva as equações termoquímicas de formação destes compostos.

6. A formação da $H_2O(g)$ a partir do $O_2(g)$ ocorre segundo a reacção:

$$O_2(g) + 2\,H_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(g)$$

Sabendo que $\Delta H^0_f\,(H_2O(g)) = -\,241{,}8$ kJ/mol e que as energias das ligações H-H e O-H são, respectivamente, 435 kJ/mol e 464 kJ/mol, calcule a energia da ligação O-O no $O_2(g)$.

7. A variação de entalpia padrão para a seguinte reacção é 436,4 kJ:

$$H_2(g) \rightarrow H(g) + H(g)$$

a) Calcule a variação de entalpia de formação padrão do hidrogénio atómico.

b) Qual a energia de ligação H-H?

8. Em certas circunstâncias, o nitrato de amónio (NH_4NO_3) é um explosivo, decompondo-se de acordo com a equação:

$$2\,NH_4NO_3(s) \rightarrow 2\,N_2(g) + 4\,H_2O(g) + O_2(g) \qquad \Delta H^0 = -\,236 \text{ kJ}$$

Calcule o calor libertado na decomposição de 1,00 kg de nitrato de amónio.

9. Sabendo que:

$$C_2H_5OH(l) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) + 3\,H_2O(g) \qquad \Delta H^0 = -1234{,}7 \text{ kJ}$$

$$CH_3OCH_3(l) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) + 3\,H_2O(g) \qquad \Delta H^0 = -1328{,}3 \text{ kJ}$$

a) Calcule ΔH^0 para a reacção:

$$C_2H_5OH(l) \rightarrow CH_3OCH_3(l)$$

b) Calcule a quantidade de calor posta em jogo quando se obtém 1,00 g de éter dimetílico (CH_3OCH_3) a partir do álcool etílico (C_2H_5OH).

10.

a) Calcule os calores de combustão correspondentes às seguintes reacções:

i) $C_2H_5OH(l) + 3\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 3\ H_2O(l)$

ii) $C_2H_6(g) + 7/2\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 3\ H_2O(l)$

b) Compare o calor de combustão por grama dos combustíveis $C_2H_5OH(l)$ e $C_2H_6(g)$.

Dados:

$\Delta H^0_f\ (C_2H_5OH(l)) = -277{,}7$ kJ/mol

$\Delta H^0_f\ (CO_2(g)) = -393{,}5$ kJ/mol

$\Delta H^0_f\ (H_2O(l)) = -285{,}8$ kJ/mol

$\Delta H^0_f\ (C_2H_6(g)) = -84{,}68$ kJ/mol

11. A partir dos seguintes calores de combustão:

$CH_3OH(l) + 3/2\ O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$ $\quad \Delta H^0 = -\ 726{,}4$ kJ

$C(grafite) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta H^0 = -\ 393{,}5$ kJ

$H_2(g) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H^0 = -\ 285{,}8$ kJ

calcule a variação de entalpia de formação do metanol ($CH_3OH(l)$).

12. O calor de formação molar do $Fe_2O_3(s)$ é -824,2 kJ/mol.

a) Calcule a quantidade de calor libertado ou absorvido:

i) quando 0,589 g de Fe_2O_3 são decompostos em ferro e oxigénio.

ii) quando 0,602 g de ferro são convertidos em Fe_2O_3.

b) Calcule a massa , em gramas, de ferro consumido quando são libertados 806 kJ de calor.

SOLUÇÕES: Calores de reacção

2. - 608 kJ

3.

a) - 2905,6 kJ
b) 1452,8 kJ
c) - 1276,8 kJ

4. 4 kJ/mol

6. 502 kJ/mol

7.

a) 218,2 kJ/mol
b) 436,4 kJ/mol

8. - 1,48 x 10^3 kJ

9.

a) 93,6 kJ
b) 2,03 kJ

10.

a) **i)** - 1366,7 kJ **ii)** - 1559,7 kJ
b) ΔH^0 ($C_2H_6(g)$) / ΔH^0 ($C_2H_5OH(l)$) = 1,7484

11. - 238,7 kJ/mol

12.

a) **i)** 3,04 kJ **ii)** 4,44 kJ
b) 109 g

8. EQUILÍBRIOS DE SOLUBILIDADE

1. A solubilidade do cromato de chumbo, $PbCrO_4$, é 4,5 x 10^{-5} g/L. Qual é o produto de solubilidade deste sal?

2. Calcule a solubilidade em mol/L e g/L do carbonato de prata, Ag_2CO_3, a 25 ºC.

3. Calcule a solubilidade do iodeto de chumbo, PbI_2, numa solução aquosa 0,010 mol/L de perclorato de chumbo, $Pb(ClO_4)_2$, a 25 ºC.

4. Calcule a solubilidade, em mol/L e g/L, do iodeto de prata, AgI, numa solução 0,20 mol/L de iodeto de cálcio, CaI_2, a 25 °C.

5. Calcular a solubilidade molar do cloreto de prata, AgCl, numa solução preparada por dissolução de 10,0 g de cloreto de cálcio, $CaCl_2$, em 1,00 L de água destilada (admita que não ocorre variação de volume).

6. Calcule o pH de uma solução saturada de $Zn(OH)_2$, a 25 °C.

7. A constante de equilíbrio da reacção representada pela equação química:

$$AgCl(s) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons [Ag(S_2O_3)_2]^{3-}(aq) + Cl^-(aq)$$

é $K_e = 5{,}20 \times 10^3$, a 25 °C. Calcule a solubilidade do cloreto de prata numa solução, cuja concentração de equilíbrio do $S_2O_3^{2-}$ é 0,010 mol/L.

8. A constante de equilíbrio da reacção representada pela equação química:

$$Al(OH)_3(s) + OH^-(aq) \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-(aq)$$

é $K_e = 40$, a 25 °C. Calcule a solubilidade do $Al(OH)_3$ numa solução tamponizada a pH = 12,00, a esta temperatura.

9. Se misturarmos 40,0 mL de solução de $Pb(NO_3)_2$ 3,00 mol/L com 20,0 mL de solução de NaI 2,00 x 10^{-3} mol/L, ocorrerá precipitação de PbI_2?

10. Se se misturarem 20,0 mL de uma solução de $Ba(NO_3)_2$ 0,10 mol/L com 50,0 mL de uma solução de Na_2CO_3 0,10 mol/L, dar-se-á a precipitação de $BaCO_3$?

11. Suponha que misturamos 100 mL de solução de NaCl 2,00 mol/L com 100 mL de solução de $AgNO_3$ 0,020 mol/L. Calcule:

a) A massa de AgCl que precipita.

b) A concentração de Ag^+ em equilíbrio com o precipitado.

12. Considere que se está a adicionar solução contendo iões de prata, Ag^+ (sem variação de volume), a 1 L de solução com 0,10 mol de iões cloreto, Cl^-, e 0,10 mol de iões fosfato, PO_4^{3-}. Quais serão as concentrações de Ag^+ (em mol/L) necessárias para a precipitação de:

a) AgCl?

b) Ag_3PO_4 (o produto de solubilidade do Ag_3PO_4 é $1,8 \times 10^{-18}$)?

SOLUÇÕES: Equilíbrios de solubilidade

1. $2{,}0 \times 10^{-14}$

2. $1{,}3 \times 10^{-4}$ mol/L $3{,}6 \times 10^{-2}$ g/L

3. s = $5{,}9 \times 10^{-4}$ mol/L

4. s = $2{,}1 \times 10^{-16}$ mol/L $4{,}9 \times 10^{-14}$ g/L

5. $8{,}9 \times 10^{-10}$ mol/L

6. pH = 9,53

7. s = 0,72 mol/L

8. s = 0,40 mol/L

9. Ocorre precipitação

10. Ocorre precipitação

11.

a) 0,3 g

b) $1{,}6 \times 10^{-10}$ mol/L

12.

a) > $1{,}6 \times 10^{-9}$ mol/L

b) > $2{,}6 \times 10^{-6}$ mol/L

ANEXO V

Instrumentos (primeira fase do estudo)

Inquérito aos estudantes (caso investigação-acção)

Inquérito aos estudantes (caso avaliativo)

Grelhas de observação (observação directa)

Teste de competências

1ª Tarefa de avaliação

2ª Tarefa de avaliação

Teste final de avaliação/1ª chamada de exame

Teste final de avaliação/2ª chamada de exame

Exame final

INQUÉRITO AOS ALUNOS

Química Ecologia Aplicada Janeiro de 2005

O inquérito seguinte é anónimo e destina-se a obter a sua contribuição para a melhoria da qualidade do ensino na disciplina de Química, do curso de Ecologia Aplicada, pelo que a sua colaboração é fundamental. MUITO OBRIGADA.

1. O ALUNO

- O curso de Ecologia Aplicada foi a minha _____ escolha.
- Para o ano que vem tenciono/não tenciono (*riscar o que não interessar*) mudar de curso.
- A média da minha candidatura ao ensino superior foi de _____ valores.
- Realizei/Não realizei (*riscar o que não interessar*) a prova específica de Química.
- Obtive _____ valores na prova específica de Química (*riscar se não se aplicar ao seu caso*).
- Frequentei/Não frequentei (*riscar o que não interessar*) a disciplina de Química no 12º ano do ensino secundário.
- Obtive _____ valores na disciplina de Química do 12º ano (*riscar se não se aplicar ao seu caso*).
- Frequentei/Não frequentei (*riscar o que não interessar*) a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química no ensino secundário.
- Frequentei/Não frequentei (*riscar o que não interessar*) a disciplina de Química nos 10º e 11º anos do ensino secundário.

INQUÉRITO AOS ALUNOS

Química Genética e Biotecnologia Março de 2005

O inquérito seguinte é anónimo e destina-se a obter dados para a caracterização da amostra de alunos da disciplina de Química do curso de Genética e Biotecnologia. Esta caracterização é muito importante para a investigação em curso, pelo que a sua colaboração é fundamental. MUITO OBRIGADA.

- O curso de Genética e Biotecnologia foi a minha _____ escolha.
- Para o ano que vem tenciono/não tenciono (*riscar o que não interessar*) mudar de curso.
- A média da minha candidatura ao ensino superior foi de _____ valores.
- Realizei/Não realizei (*riscar o que não interessar*) a prova específica de Química.
- Obtive _____ valores na prova específica de Química (*riscar se não se aplicar ao seu caso*).
- Frequentei/Não frequentei (*riscar o que não interessar*) a disciplina de Química no 12º ano do ensino secundário.
- Obtive _____ valores na disciplina de Química do 12º ano (*riscar se não se aplicar ao seu caso*).
- Frequentei/Não frequentei (*riscar o que não interessar*) a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química no ensino secundário.
- Frequentei/Não frequentei (*riscar o que não interessar*) a disciplina de Química e/ou Físico-Química nos 10º e 11º anos do ensino secundário.

Grelha de Observação do trabalho laboratorial 1 - PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES AQUOSAS CONHECENDO PREVIAMENTE AS CONCENTRAÇÕES A OBTER

C1 – Compreensão do problema a resolver

ALUNOS	Massa de NaOH		Descrição do Procedimento Experimental											Cotação
	Alg. Sig.		Procedimentos gerais					Material a utilizar			Técnicas			
	S	N	N	–	±	+	S	N	±	S	N	±	S	

ou

ALUNOS	Massa de H_2SO_4		Descrição do Procedimento Experimental											Cotação
	Alg. Sig.		Procedimentos gerais					Material a utilizar			Técnicas			
	S	N	N	–	±	+	S	N	±	S	N	±	S	

C2 – Competências técnicas

ALUNOS	Sol. $NaOH/ H_2SO_4$									Cotação
	Pesar NaOH /medir volume de H_2SO_4 com pipeta		Transferir solução para balão			Acertar menisco		Homogeneizar a solução		
	N	S	N	±	S	N	S	N	S	

A108

C3 – Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos

ALUNOS	Que dados precisa para calcular a molaridade da sol. $NaOH/ H_2SO_4$?			Porque pesou o balão com e sem sol. $NaOH / H_2SO_4$?			Que dados precisa para converter a molaridade da solução em molalidade/ % /calcular a densidade?			Cotação
	N	±	S	N	±	S	N	±	S	

Grelha de Observação do trabalho laboratorial 2 - DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DO IÃO FOSFATO (PO_4^{3-}) EM ÁGUAS

C1 – Compreensão do problema a resolver

Alunos	Doc esc.		Tarefa 1															Tarefa 2												Tarefa3	
			Solução padrão															Recta de calibração													
			Sugestão de concs. soluções padrão					Preparação sol. padrão										Papel milim		Inclui (0,0)?					A∝C?		Melhor recta?			Det. concs. desconhec.	
						Justifica		Descrição Cálculo, V			Material			Técnicas								Justificação									
	N	S	1	2	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	3	1	3	1	2	3	1	3	1	2	3	1	3

C2 – Competências técnicas

Alunos	Medir volumes com pipeta		Preparar solução			Medir volumes com pipeta		Ler as absorvâncias							
								Uso do branco		Uso do branco		Uso do branco		Uso do branco	
	1	3	1	2	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3

A110

C3 – Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos

Alunos	Qual a relação entre a conc. da espécie absorv. e a Abs?			Podemos usar células de espessura diferente noutro grupo?		Justificação			Porque é que a cor do reagente de desenv. de cor não interf. nas A?			Imagine que ião+solvente= =sol. corada ⇒ Abs. Como prepararia o branco?		
	1	2	3	N	S	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Grelha de Observação do trabalho laboratorial 3 - DETERMINAÇÃO DA FÓRMULA EMPÍRICA DO ÓXIDO DE MAGNÉSIO

C1 – Compreensão do problema a resolver

ALUNOS	Descrição do Procedimento Experimental								Dados a recolher p/a det. FE			Cotação
	Procedimentos gerais					Material a utilizar						
	N	–	±	+	S	N	±	S	N	±	S	

A111

C2 – Competências técnicas

ALUNOS	Aquecimento do cadinho vazio						Δ do Mg		Δ do resíduo + água		Cotação
	Pesar cadinho c/ *tampa*		Chama *azul* no bico de Bunsen		Pesar cadinho *frio*		*Tapar e destapar* o cadinho		Bico de Bunsen em *círculos*		
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	

C3 – Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos

ALUNOS	Porque não pesou cadinho + conteúdo antes de adicionar água?			Porque adicionou água ao cadinho + conteúdo e depois aqueceu?			Como vai calcular a fórmula empírica?			Cotação
	N	±	S	N	±	S	N	±	S	

Grelha de Observação do trabalho laboratorial 4 - DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO NUMA CHUVA ÁCIDA

C1 – Compreensão do problema a resolver

Alunos	Determinação da conc. da sol. de H_2SO_4								Que ind?		Porquê?			Objectivo padronizar sol. NaOH			V(NaOH)?	
	Procedimentos			Material			Dados											
	1	2	3	1	2	3	1	3	1	3	1	2	3	1	2	3	1	3

C3 – Relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos

Alunos	Cálculo da conc. rigorosa sol. da NaOH			Cálculo da conc. sol. NaOH trab. 1		Cálculo da conc. rigorosa sol. da H_2SO_4		
	1	2	3	1	3	1	2	3

TESTE DE COMPETÊNCIAS

Curso: **Identificação:** **Data:**

1. Situação: Considere um terreno recentemente adubado situado numa encosta perto de um ribeiro. Ao longo de alguns dias de chuva, parte dos fertilizantes[1] são arrastados para o curso de água pelas águas das chuvas. No entanto, a presença dos fertilizantes na água do ribeiro não é detectada a olho nu, à excepção das suas consequências a longo prazo, como a eutrofização das águas, ou mediante determinadas análises químicas.

[1]fertilizantes (ou adubos) – compostos como NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2$, K_2SO_4, $NaNO_3$, $(NH_4)_3PO_4$, ou misturas destes compostos, necessários para o crescimento das plantas.

Tarefas:

a) Descreva, do ponto de vista químico, o facto da presença de fertilizantes na água do ribeiro não ser detectada a olho nu.

b) Explique, do ponto de vista químico, o(s) fenómeno(s) descrito(s) em **a)**. Utilize a maior profundidade que lhe for possível na explicação.

2. Situação: Imagine que vai para a cozinha fazer uma sopa, embora tenha pouca experiência de culinária. Num tacho com um pouco de água fria coloca uma porção de sal (cloreto de sódio, NaCl). Considere três situações que podem ocorrer, ao fim de algum tempo:

I) O sal "desaparece" completamente e, se adicionar mais sal, esta porção também desaparece.

II) Parte do sal "desaparece" e a restante porção fica no fundo do tacho sem se alterar visivelmente; se adicionar mais sal, este também fica no fundo do tacho.

III) O sal "desaparece" completamente e, se adicionar mais sal, esta porção não desaparece e fica no fundo do tacho.

Tarefa: Associe cada uma das três situações de cima com uma ou mais expressões abaixo, unindo com um traço as alíneas da coluna da esquerda (I, II e III) com as opções da coluna da direita (i-v):

i) Antes de adicionar mais sal, tem-se uma solução aquosa de NaCl saturada.

I) ii) Antes de adicionar mais sal, tem-se uma solução aquosa de NaCl insaturada.

II) iii) Depois de adicionar mais sal, tem-se uma solução aquosa de NaCl saturada.

III) iv) Depois de adicionar mais sal, continua a ter-se uma solução aquosa de NaCl saturada.

v) Depois de adicionar mais sal, pode ter-se uma solução aquosa de NaCl insaturada ou saturada.

3. Situação: Suponha que pretende dissolver (solubilizar) a massa *m* do composto carbonato de magnésio, $MgCO_3$, em 1 L de água, a 25 ºC.

Dados: $K_{ps}(MgCO_3) = 4{,}0 \times 10^{-5}$, a 25 ºC.

$M(MgCO_3) = 84{,}32 \text{ g mol}^{-1}$

Tarefas (considere que não há variação de volume quando junta o composto à água)**:**

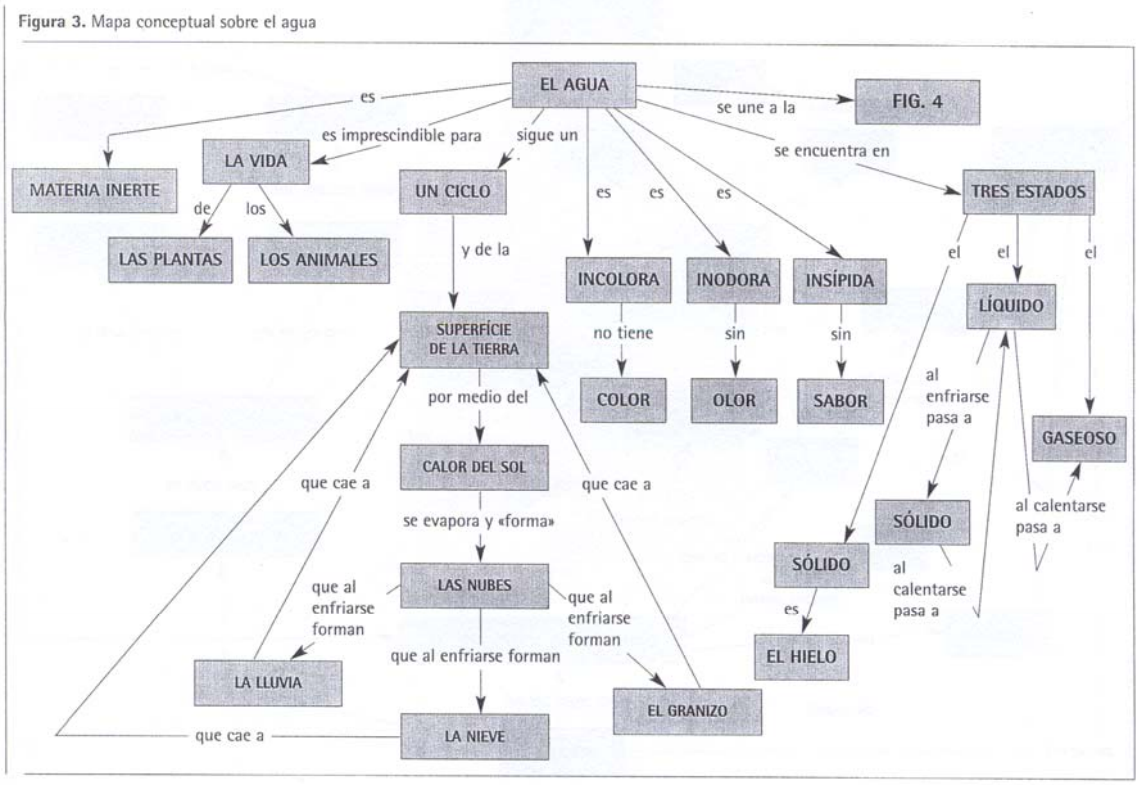
a) Em que condições conseguirá dissolver completamente a massa *m* do carbonato de magnésio?

b) Em que condições se estabelecerá um equilíbrio entre o composto sólido e os seus iões em solução?

4. Utilizando obrigatoriamente os conceitos *solubilidade* e *constante do produto de solubilidade*, construa uma rede de conceitos o mais completa possível (veja, em anexo, um exemplo de uma rede de conceitos sobre o tema *Água*).

ANEXO

Exemplo de uma rede de conceitos sobre o tema *Água*:



Química – Ecologia Aplicada (2004/05)

1ª TAREFA DE AVALIAÇÃO 25 de Novembro de 2004

Nome e **n.º** dos alunos: _____

_____

PARTE I

1.

a) Sendo verdade que os recursos do planeta se estão a esgotar, como explica que os acordos estabelecidos entre muitos países do mundo visem alcançar um desenvolvimento económico sustentável e não o conservacionismo sem concessões?

b) Como sabe, o modelo de desenvolvimento sustentável admite a continuação da exploração de recursos, mesmo dos não renováveis. Como explica que, com este modelo de desenvolvimento económico, os recursos do planeta estejam a ser protegidos?

2. Dê um exemplo de um problema ambiental que conheça em que sejam claras as inter-relações entre a sociedade, a ciência, a tecnologia e o ambiente. Explicite essas inter-relações.

PARTE II

1. O mercúrio (Hg) é o único metal que é líquido à temperatura ambiente. A sua densidade absoluta é de 13,6 g/mL. Calcule:

a) quantos gramas de mercúrio ocuparão um volume de 12,0 mL.

b) o volume ocupado por 1,00 kg de mercúrio.

2. Sabendo que a fórmula química de um composto que é utilizado como agente de branqueamento é NaClO, determine a sua composição elementar em percentagem mássica.

3. A composição mássica de determinado gás é 30,4 % de azoto (N) e 69,6 % de oxigénio (O). A sua massa molar é 92,0 g mol^{-1}.

a) Determine a sua fórmula empírica.

b) Determine a respectiva fórmula molecular.

4. Considere uma solução aquosa de amoníaco, NH_3, de densidade 0,910 g/mL e de concentração 24,0 % (m/m). Complete (apresentando os cálculos):

a) A massa de NH_3 existente em 1,00 kg de solução é _____g.

b) A quantidade (em moles) de NH_3 existente em 1,00 kg de solução é _____mol.

c) O volume de 1,00 kg de solução é _____mL = _____cm^3 = _____dm^3.

d) A molaridade da solução é _____mol/dm^3.

e) A molalidade da solução é _____mol/kg.

5. Diluiram-se 25,0 mL de solução aquosa 2,50 mol L^{-1} em $CuSO_4$ com água destilada até perfazer o volume de 500 mL. Qual é a molaridade da solução obtida?

6.

a) Use as fórmulas de Lewis para ilustrar a formação do composto iónico cloreto de magnésio, $MgCl_2$.

b) Use as fórmulas de Lewis para ilustrar a formação do composto covalente brometo de hidrogénio, HBr.

7. Escreva as estruturas de Lewis das seguintes moléculas:

a) $\ddot{P}H_3$

b) CCl_4

c) $\ddot{S}F_4$

8. Para cada uma das moléculas do exercício anterior, indique:

I) o n.º estéreo do átomo central;

II) a geometria dos pares electrónicos de valência;

III) o n.º de pares de electrões não ligantes;

IV) a geometria da molécula;

V) o seu carácter polar ou apolar.

Química – Ecologia Aplicada (2004/05)

2ª TAREFA DE AVALIAÇÃO 22 de Dezembro de 2004

Nome e **n.º** dos alunos: _____

_____

Na última página apresenta-se uma tabela de dados.

1. Ordene os gases seguintes por ordem crescente do seu ponto de ebulição:

amoníaco (NH_3); krypton (Kr); hélio (He); sulfureto de hidrogénio (H_2S).

Justifique convenientemente a sua resposta.

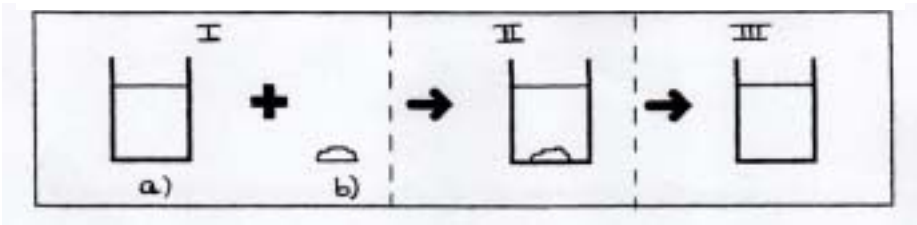
2. Dos seguintes pares de substâncias, diga, justificando, qual espera ser a mais solúvel em água:

a) K_2CO_3 ou CH_4

b) NH_3 ou PH_3

c) CH_3CH_2OH ou $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2OH$

3. Considere o esquema seguinte que representa as diferentes etapas (I-a, I-b, II e III) da dissolução de uma porção de açúcar (sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$) em água (H_2O):



A cada etapa do esquema anterior (I-a, I-b II e III) faça corresponder os diagramas apresentados em baixo (1,2,3 e 4) que representam as partículas presentes nas diferentes etapas quando o açúcar é dissolvido em água. Explique sucintamente as razões da sua escolha.



I-a) ☐ I-b) ☐ II ☐ III ☐

4.

a) Calcule a variação de entalpia, ΔH, para a reacção:

$$H(g) + Cl(g) \rightarrow HCl(g)$$

a partir do conjunto de equações termoquímicas dadas.

$H_2(g) + Cl_2(g)) \rightarrow 2\ HCl(g)$ $\Delta H = -184$ kJ

$H_2(g) \rightarrow 2\ H(g)$ $\Delta H = +436$ kJ

$Cl_2(g) \rightarrow 2\ Cl(g)$ $\Delta H = +244$ kJ

b) Calcule a energia da ligação H-Cl.

5.

a) A partir dos seguintes valores de variação de entalpia de formação padrão, ΔH^0_f:

	ΔH^0_f (kJ mol^{-1})
$NH_3(g)$	- 46
$NO(g)$	+ 90
$H_2O(l)$	- 286

calcule ΔH^0 para a seguinte reacção:

$$4\ NH_3(g) + 5\ O_2(g) \rightarrow 4\ NO(g) + 6\ H_2O(l)$$

b) Explique o sinal algébrico da variação de entalpia calculada na alínea anterior em termos dos valores médios das energias das ligações nos reagentes e nos produtos de reacção.

6. Escreva a equação química que representa o equilíbrio de solubilidade do fluoreto de cálcio, CaF_2, e calcule a sua solubilidade em água, em mol/L e em g/L, a 25 ºC.

7. A concentração de equilíbrio do ião SO_4^{2-} numa solução aquosa saturada de sulfato de prata, Ag_2SO_4, é 0,015 mol/L. Calcule:

a) A constante do produto de solubilidade do composto.

b) A solubilidade do sal em mol/L e em g/L.

DADOS:

Produtos de solubilidade a 25ºC de alguns compostos iónicos pouco solúveis

Composto	K_{ps}	Composto	K_{ps}
Brometo de cobre.(I) (CuBr)	$4{,}2\times10^{-14}$	Hidróxido de ferro (III) [$Fe(OH)_3$]	$1{,}1\times10^{-36}$
Brometo de prata (II) (AgBr)	$7{,}7\times10^{-13}$	Hidróxido de magnésio [$Mg(OH)_2$]	$1{,}2\times10^{-11}$
Carbonato de bário ($BaCO_3$)	$8{,}1\times10^{-9}$	Hidróxido de zinco [$Zn(OH)_2$]	$1{,}8\times10^{-14}$
Carbonato de cálcio ($CaCO_3$)	$8{,}7\times10^{-9}$	Iodeto de chumbo (II) (PbI_2)	$1{,}4\times10^{-8}$
Carbonato de chumbo (II) ($PbCO_3$)	$3{,}3\times10^{-14}$	Iodeto de cobre (I) (CuI)	$5{,}1\times10^{-12}$
Carbonato de estrôncio ($SrCO_3$)	$1{,}6\times10^{-9}$	Iodeto de prata (AgI)	$8{,}3\times10^{-17}$
Carbonato de magnésio ($MgCO_3$)	$4{,}0\times10^{-5}$	Sulfato de bário ($BaSO_4$)	$1{,}1\times10^{-10}$
Carbonato de prata (Ag_2CO_3)	$8{,}1\times10^{-12}$	Sulfato de estrôncio ($SrSO_4$)	$3{,}8\times10^{-7}$
Cloreto de chumbo (II) ($PbCl_2$)	$2{,}4\times10^{-4}$	Sulfato de prata (Ag_2SO_4)	$1{,}4\times10^{-5}$
Cloreto de mercúrio (I) (Hg_2Cl_2)	$3{,}5\times10^{-18}$	Sulfureto de bismuto (Bi_2S_3)	$1{,}6\times10^{-72}$
Cloreto de prata (AgCl)	$1{,}6\times10^{-10}$	Sulfureto de cádmio (CdS)	$8{,}0\times10^{-28}$
Cromato de chumbo (II) ($PbCrO_4$)	$2{,}0\times10^{-14}$	Sulfureto de chumbo (II) (PbS)	$3{,}4\times10^{-28}$
Fluoreto de bário (BaF_2)	$1{,}7\times10^{-6}$	Sulfureto de cobalto (II) (CoS)	$4{,}0\times10^{-21}$
Fluoreto de cálcio (CaF_2)	$4{,}0\times10^{-11}$	Sulfureto de cobre (II) (CuS)	$6{,}0\times10^{-37}$
Fluoreto de chumbo (II) (PbF2)	$4{,}1\times10^{-8}$	Sulfureto de estanho (II) (SnS)	$1{,}0\times10^{-26}$
Fosfato de cálcio [$Ca_3(PO_4)_2$]	$1{,}2\times10^{-26}$	Sulfureto de ferro (II) (FeS)	$6{,}0\times10^{-19}$
Hidróxido de alumínio [$Al(OH)_3$]	$1{,}8\times10^{-33}$	Sulfureto de manganês (II) (MnS)	$3{,}0\times10^{-14}$
Hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$]	$8{,}0\times10^{-6}$	Sulfureto de mercúrio (II) (HgS)	$4{,}0\times10^{-54}$
Hidróxido de cobre (II) [$Cu(OH)_2$]	$2{,}2\times10^{-20}$	Sulfureto de níquel (II) (NiS)	$1{,}4\times10^{-24}$
Hidróxido de crómio(III) [$Cr(OH)_3$]	$3{,}0\times10^{-29}$	Sulfureto de prata (AgS)	$6{,}0\times10^{-51}$
Hidróxido de ferro (II) [$Fe(OH)_2$]	$1{,}6\times10^{-14}$	Sulfureto de zinco (ZnS)	$3{,}0\times10^{-23}$

TESTE FINAL DE AVALIAÇÃO/1ªCHAMADA DE EXAME 14 de Janeiro de 2005

Nome _____Nº _____

PARTE I

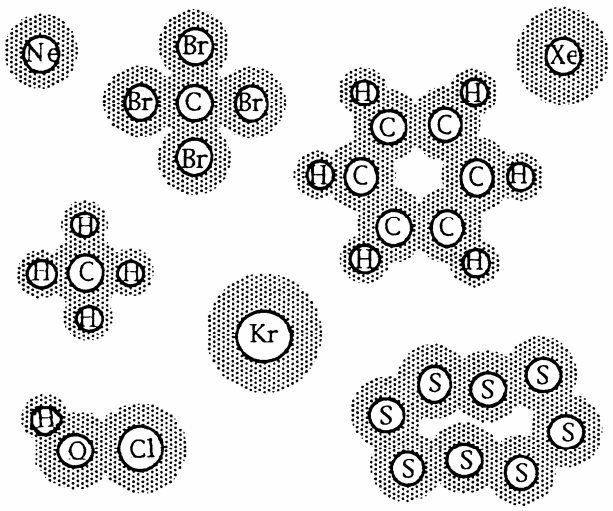
1. Leia o texto fornecido sobre o projecto de gestão de resíduos de embalagens e de medicamentos fora de uso (Anexo), desenvolvido pela empresa VALORMED. De seguida, responda às questões:

a) Transcreva um extracto do texto onde esteja claro que, actualmente, ainda se pratica o modelo de desenvolvimento de exploração incontrolada. Explique.

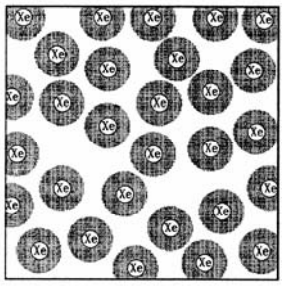
b) Dê um exemplo de inter-relações entre a sociedade, a ciência, a tecnologia e o ambiente implícitas neste projecto.

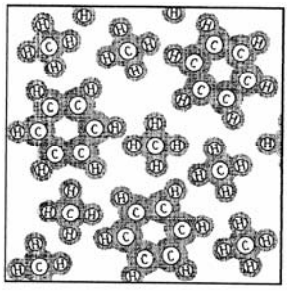
PARTE II

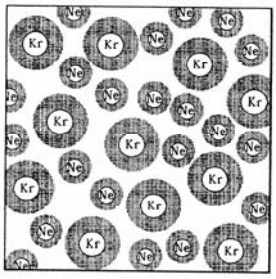
1. Considere as representações seguintes de diferentes moléculas ou átomos:

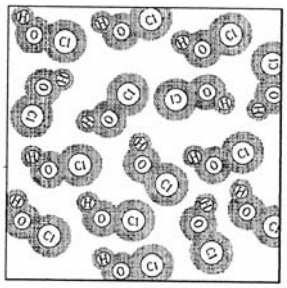


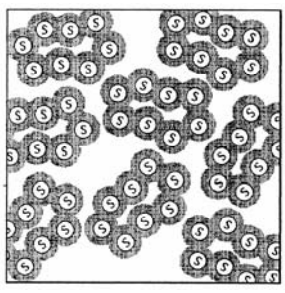
Os diagramas que se seguem ilustram as unidades básicas constituintes (moléculas e/ou átomos) de alguns materiais. À frente de cada diagrama, especifique o tipo de matéria a que corresponde e justifique.











2. Qual o volume de glicerina ($C_3H_8O_3$), de densidade 1,26 g/mL, necessário para se obter 2,50 moles deste composto?

3. O oxigénio molecular foi descoberto a partir da decomposição térmica do óxido de mercúrio em mercúrio metálico, Hg, e oxigénio gasoso, O_2.

a) Quando se aquece uma amostra de 1,048 g de óxido de mercúrio obtém-se um resíduo de 0,971 g de mercúrio. A partir destes dados, determine a fórmula empírica do óxido de mercúrio.

b) Escreva a equação química que traduz a transformação referida.

4. Uma solução aquosa 1,00 mol/L de cromato de potássio, K_2CrO_4, tem uma densidade de 1,143 g/mL, a 20 ºC. Calcule:

a) A molalidade da solução.

b) A percentagem mássica da solução.

c) A fracção molar do cromato de potássio na solução.

d) Descreva como prepararia 250,0 mL de uma solução de cromato de potássio 7,73 g/L a partir da solução anterior.

5. Escreva as estruturas de Lewis das seguintes moléculas:

a) BCl_3

b) H_2S

c) BrF_3

6. Para cada uma das moléculas do exercício anterior, indique (ao lado de cada estrutura):

I) o n.º estéreo do átomo central;
II) a geometria dos pares electrónicos de valência do átomo central;
III) o n.º de pares de electrões não ligantes do átomo central;
IV) a geometria da molécula;
V) o seu carácter polar ou apolar.

7. As moléculas de metano, CH_4, amoníaco, NH_3, e água, H_2O, são isoelectrónicas (têm o mesmo nº de electrões). As temperaturas de ebulição são: -33 ºC, 100 ºC e -162 ºC. Associe cada um destes valores a cada uma das substâncias. Justifique convenientemente.

8. Qual das seguintes substâncias, CH_3F ou CH_3Br, espera ser mais solúvel em água? Justifique convenientemente.

9.

a) Escreva as equações das reacções a que correspondem as variações de entalpia de formação seguintes:

ΔH_f^o ($H_2S(g)$) = -20,6 kJ/mol; ΔH_f^o ($SO_2(g)$) = -297,0 kJ/mol; ΔH_f^o ($H_2O(g)$) = - 286,0 kJ/mol

b) A partir destes valores, calcule a variação de entalpia para a reacção:

$$2\ H_2S(g) + SO_2(g)\ ) \rightarrow\ 3\ S(s) + 2\ H_2O(g)$$

10. A respiração pode ser representada pela equação global:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g) \rightarrow\ 6\ CO_2(g)\ + 6\ H_2O(g)$$

glucose

São globalmente mais fortes as ligações nos reagentes ou nos produtos? Justifique.

11. A solubilidade do cloreto de chumbo, $PbCl_2$, em água é de 0,45 g por 100 mL de solução, a 25 °C.

a) Calcule a solubilidade do cloreto de chumbo em mol/L.

b) Escreva a equação química que representa o equilíbrio de solubilidade do cloreto de chumbo e calcule o seu valor de K_{ps} a esta temperatura.

c) Calcule a solubilidade do cloreto de chumbo numa solução aquosa de cloreto de cálcio, $CaCl_2$, 0,30 mol/L.

d) Quantas vezes o valor obtido em **a)** é maior do que o valor obtido em **c)**?

ANEXO

" O que é a VALORMED?"

Porquê a criação de um Sistema Integrado de Recolha de Embalagens e Medicamentos fora de uso?

A gestão adequada de resíduos é um desafio inadiável para as sociedades modernas. Cada ser vivo necessita de uma quantidade mínima de espaço natural para sobreviver, espaço que corresponde à "Pegada Ecológica" de cada um de nós.

O aumento da população mundial e as crescentes necessidades da sociedade de consumo, levam a que a taxa de consumo de "capital natural" já é superior à sua taxa de reposição, pelo que as práticas agressivas ao ambiente têm de terminar.

Temos de viver de acordo com o que a Terra pode fornecer e não com o que gostaríamos que fornecesse...

Mas qual a ligação entre os Medicamentos e o Ambiente?

É que as embalagens de medicamentos e os medicamentos fora de uso são um resíduo, que deve ser devidamente tratado, tal como os outros resíduos sólidos urbanos, para minimização do impacto ambiental.

Conscientes da especificidade do medicamento mesmo enquanto resíduos, a Indústria Farmacêutica, responsável pela gestão dos resíduos de embalagens que coloca no mercado, associou-se aos restantes intervenientes da "fileira do medicamento" - Distribuidores e Farmácias - e criaram a VALORMED Sociedade responsável pela gestão dos resíduos de embalagens e medicamentos fora de uso.

Porquê um sistema autónomo para os resíduos de medicamentos?

Porque a especificidade do medicamento aconselha a que exista um processo de recolha seguro, evitando-se, por razões de saúde pública, que os resíduos de medicamentos não estejam "acessíveis" como qualquer outro resíduo urbano.

Procura-se ainda que, por razões ambientais, os resíduos de medicamentos não contaminem os resíduos urbanos, prejudicando a valorização desses resíduos quer na componente compostável (*), quer nos materiais objecto de reciclagem.(**)

Assim, a experiência da Indústria Farmacêutica em matéria de produção, embalagem e acondicionamento de medicamentos, associada à logística operacional garantida pelos Distribuidores, é potenciada com a adesão de mais de 2.300 Farmácias, como locais de recolha e de aconselhamento ao público, o que tem vindo a ser feito com grande empenho por parte da classe farmacêutica.

Está assim criado um Sistema, gerido pela VALORMED, com enormes mais valias em termos ambientais.

Em 2003 foram recolhidas e sujeitas a valorização energética 365 toneladas - 1 tonelada/dia - de resíduos de embalagens e medicamentos.

Embora o Sector do Medicamento represente menos de 0,5% dos Resíduos Sólidos Urbanos, o projecto VALORMED justifica-se em termos de saúde pública e ambiental.

Os cuidados especiais exigidos na manipulação dos medicamentos aconselham a que os respectivos resíduos tenham um sistema seguro de recolha, em contentores devidamente identificados e invioláveis, destinados à valorização energética, ou seja, através do sistema de incineração os resíduos contribuem para a produção de energia, não sendo um simples sistema de eliminação de resíduos.

(*) Compostagem o que é?

Trata-se de um processo de transformação de resíduos que permite qe 3kg de matéria orgânica originem 1 kg de fertilizante de boa qualidade...

Anualmente uma família média "deita fora" cerca de 500kg de restos de comida...

(**) Reciclar o que é?

Trata-se de um processo de reutilização dos materiais.

Sabia que a energia produzida pela reciclagem de uma garrafa de vidro de 1 litro, é suficiente para manter acesa uma lâmpada de 100 watts durante 4 horas?

Extraído de www.valormed.pt, 12-01-05

TESTE FINAL DE AVALIAÇÃO/2ªCHAMADA DE EXAME 21 de Janeiro de 2005

Nome _____Nº _____

PARTE I

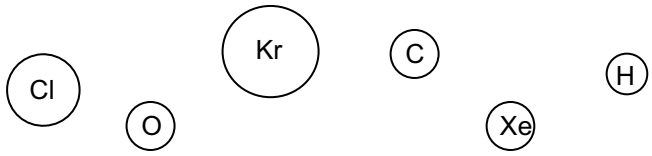
1. A questão da co-incineração de resíduos tóxicos está, de novo, na ordem do dia. Recorde a polémica em torno desta questão que teve lugar em Portugal em 2001 e 2002, lendo a notícia que se encontra na última página (Anexo). De seguida, responda às questões:

a) Quais lhe parecem ser os papéis da ciência (indique dois), e em particular da química, na resolução da questão da co-incineração de resíduos industriais perigosos em Portugal?

b) Sublinhe, no texto em anexo, um trecho onde encontre expressas inter-relações entre a sociedade, a tecnologia e o ambiente. Explique, por palavras suas, essas inter-relações, baseando-se no trecho que seleccionou.

PARTE II

1. Considere as representações seguintes de átomos de diferentes elementos:



Recorrendo às figuras anteriores, faça um esquema que represente:

a) uma substância elementar constituída por moléculas homonucleares.

b) uma substância composta onde estejam presentes átomos de três elementos.

c) uma substância elementar com átomos como unidades básicas.

d) uma mistura de dois compostos.

e) uma mistura de duas substâncias.

2. Colocou-se 193,4 g de prata (Ag) num copo graduado contendo 242,0 mL de água. O nível de água passou a ser de 260,5 mL. A partir destes dados calcule a densidade da prata.

2. O sulfato de amónio, $(NH_4)_2SO_4$, é utilizado como fertilizante.

a) Determine a percentagem mássica de cada elemento no sulfato de amónio.

b) Identifique as unidades básicas que constituem o sulfato de amónio, $(NH_4)_2SO_4$. Diga de que tipo de composto se trata.

c) Escreva a equação química que traduz a dissolução do sulfato de amónio sólido na água.

4. Considere um refrigerante que contém 0,0050 mg de vitamina C ($C_6H_8O_6$) em 33 cl (330 ml) desta bebida. A densidade do refrigerante é igual a 1,03 g/mL. Calcule:

a) A molaridade de vitamina C ($C_6H_8O_6$) no refrigerante.

b) A molalidade de vitamina C ($C_6H_8O_6$) nesta bebida.

5. Calcule a fracção molar de cada componente numa solução que é 50,00 % em água e 50,00 % em C_2H_5OH.

6. Considere que se pipetam 25,0 mL de uma solução de ácido nítrico, HNO_3, 7,00 mol/L para um balão volumétrico, acrescenta-se água destilada até ao traço de aferição do balão e homogeneiza-se a solução resultante. A solução final apresenta uma concentração igual a 1,75 mol/L. Qual é o volume da solução que preparou?

7. Escreva as estruturas de Lewis (e os respectivos híbridos de ressonância, caso existam) das seguintes espécies químicas:

a) CO_3^{2-}

b) SF_4

c) $XeCl_4$

8. Para cada uma das espécies químicas do exercício anterior, indique (ao lado de cada estrutura):

I) o n.º estéreo do átomo central;

II) a geometria dos pares electrónicos de valência do átomo central;

III) o n.º de pares de electrões não ligantes do átomo central;

IV) a geometria da molécula ou ião;

V) o carácter polar ou apolar das espécies neutras.

9. A energia mínima para a sublimação (passagem do estado sólido a vapor) do hélio sólido é 0,105 kJ/mol, ao passo que para o gelo é 46,9 kJ/mol. Qual(ais) das seguintes proposições ajuda(m) a explicar esta diferença?

Justifique pormenorizadamente a sua resposta.

☐ Entre os átomos He apenas há forças de dispersão de London.

☐ Há fortes ligações de hidrogénio na água.

☐ Os átomos He possuem menos electrões do que as moléculas H_2O.

☐ As ligações covalentes nas moléculas de água são muito fortes.

10. Qual das seguintes substâncias, o éter dimetílico, CH_3OCH_3, ou o etanol, CH_3CH_2OH, espera ser mais solúvel em água? Justifique convenientemente.

11.

a) Escreva as equações químicas das reacções a que correspondem as energias de ligação seguintes:

ε_l (H_2) = 436,0 kJ/mol; ε_l (Cl_2) = 242,0 kJ/mol; ε_l (HCl) = 431,0 kJ/mol

b) A partir destes valores, calcule a variação de entalpia para a reacção:

$$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2\ HCl(g)$$

c) Considere a reacção:

$$2\ HCl(g) \rightarrow H_2(g) + Cl_2(g)$$

São globalmente mais fortes as ligações nos reagentes ou nos produtos? Justifique.

12. Das proposições seguintes assinale as incorrectas. Justifique uma das suas opções.

- ☐ O produto de solubilidade de um sal pouco solúvel em água aumenta por adição de mais solvente.
- ☐ O produto de solubilidade de um sal pouco solúvel em água diminui por adição de um sal solúvel com um ião comum ao primeiro.
- ☐ A solubilidade de um sal pouco solúvel em água diminui por adição de um sal solúvel com um ião comum ao primeiro.
- ☐ A solubilidade de um sal pouco solúvel em água aumenta por adição de mais solvente.

13. A constante do produto de solubilidade do hidróxido de cádmio, $Cd(OH)_2$, é igual a $6{,}0 \times 10^{-15}$.

a. Escreva a equação química que representa o equilíbrio de solubilidade em água do hidróxido de cádmio, $Cd(OH)_2$.

b. Calcule a concentração de OH^- numa solução saturada de hidróxido de cádmio.

c. Determine o pH da solução saturada de hidróxido de cádmio.

ANEXO

Notícias - Ecosfera - Publico.pt (16-04-2002)

Novo Governo:
Souselas e Coimbra satisfeitas com proibição dos testes de co-incineração

O presidente da Junta de Freguesia de Souselas, José Figueiredo, ficou "contente" com a decisão do Governo de proibir os testes de co-incineração.

Também o autarca de Coimbra, Carlos Encarnação, felicitou a decisão do novo Governo, naquela que diz ser uma "vitória da luta contra a teimosia" do ex-ministro José Sócrates.

José Figueiredo recordou que a contestação da co-incineração "é uma luta de há muitos anos" contra um "processo que tem criado muitos problemas" à Junta de Souselas e às populações da região de Coimbra, sobretudo aos habitantes daquela freguesia. No entanto, o método defendido pelo PSD, incineração dedicada, é igualmente poluente, disse José Figueiredo.

"Era o que eu queria, em nome de Coimbra e da luta contra a teimosia de um ministro que não percebia o que estava a acontecer" em Coimbra, disse, por seu lado, Carlos Encarnação à Lusa. A proibição dos testes da co-incineração na cimenteira de Souselas representa a "aceitação de uma solução muito positiva para o país", segundo o autarca, que considera aquele método de eliminação dos Resíduos Industriais Perigosos (RIP) um "caminho perigoso".

Médico alvo de queixa-crime advoga demissão da CCI José Manuel Silva, um dos dois professores da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra alvo de uma queixa-crime interposta pela Comissão Científica Independente (CCI) pelas suas posições contra a co-incineração, classificou como "uma vitória da cidadania" a proibição dos testes em Souselas e defendeu a demissão enquanto "forma airosa" de a CCI sair do processo. A proibição dos testes demonstra também que "vale a pena a intervenção dos cidadãos e que é possível derrubar lobbies tão fortes como o das cimenteiras", acrescentou. Na opinião do professor universitário de Coimbra, a CCI "não tem de se demitir, basta um despacho do Governo a suspender o processo para que ela se extinga", embora considere que essa seria "uma forma airosa de [as pessoas que a integram] saírem" do processo.

O sociólogo Boaventura Santos, uma voz crítica da co-incineração, surpreende-se "que os membros da CCI se mantenham colados ao lugar e não peçam a demissão. Penso que lhes ficaria bem", afirmou o professor da Universidade de Coimbra. "A partir de agora, nenhuma outra solução de queima será aceite no país", vaticinou, frisando que a incineração dedicada seria tolerada apenas "como última instância".

Ambientalistas congratulam-se com decisão governamental Joaquim Gonçalves, presidente da Associação de Defesa do Ambiente de Souselas (ADAS), congratulou-se com a decisão do ministro do Ambiente, Isaltino Morais. "Vamos agora concentrar toda a nossa energia sobre a forma como a fábrica labora", declarou o líder da ADAS, acrescentando que "seria necessário realizar o anunciado estudo epidemiológico à população" da área daquela freguesia do norte de Coimbra. João Gabriel, membro da Comissão para a Luta contra a Co-incineração e da associação ambientalista Quercus, considera que esta foi uma "excelente decisão". "Recebi também com particular agrado a notícia de que o Governo não vai avançar com a incineração dedicada, como tinha anunciado durante a campanha eleitoral, mas vai antes efectuar um inventário dos resíduos perigosos que existem em Portugal", comentou. "Se forem aplicadas todas as alternativas de regeneração de resíduos perigosos, como os óleos e solventes, é até possível que não seja necessário construir uma incineradora dedicada", adiantou. O Governo, por decisão do ministro das Cidades, Ambiente e do Ordenamento do Território, Isaltino de Morais, proibiu a realização de testes de queima de resíduos industriais perigosos (RIP) na cimenteira de Souselas, cujo início estava previsto para hoje.

Química – Ecologia Aplicada (2004/05)

EXAME DE RECURSO 5 de Fevereiro de 2005

Nome _____ Nº _____

Na última página apresenta-se uma tabela de dados.

PARTE I

1. A questão da co-incineração de resíduos tóxicos está, de novo, na ordem do dia. Recorde a polémica em torno desta questão que teve lugar em Portugal em 2001 e 2002, lendo a notícia que se encontra em anexo.

De seguida, explique, por palavras suas, esta problemática, explicitando inter-relações existentes entre a sociedade, a tecnologia, a ciência e o ambiente.

2. Como sabe, o modelo de desenvolvimento sustentável admite a continuação da exploração de recursos, mesmo dos não renováveis. Indique duas medidas defendidas por este modelo de desenvolvimento económico, que permitem a protecção dos recursos do planeta.

PARTE II

1. 2,00 moles de mercúrio (Hg) ocupam o volume de 0,0295 L. A partir destes dados, calcule a densidade desta substância.

3. A análise elementar de uma amostra de ureia mostrou que esta substância é constituída por 1,121 g de azoto (N), 0,161 g de hidrogénio (H), 0,480 g de carbono (C) e 0,640 g de oxigénio (O). A massa molar da ureia, determinada por espectrometria de massa, é igual a 60,1 g/mol.

a) Determine a fórmula empírica da ureia.

b) Determine a respectiva fórmula molecular.

4. A água oxigenada é uma solução aquosa de peróxido de hidrogénio, H_2O_2. Para uma solução de 3,40 %, em massa, e densidade 1,01 g/mL, calcule:

a) A molalidade de H_2O_2 na água oxigenada.

b) A molaridade de peróxido de hidrogénio na água oxigenada.

5. Calcule a percentagem mássica de etanol, C_2H_5OH, numa solução aquosa em que a fracção molar de etanol é igual a 0,030.

6. Considere os compostos fluoreto de cálcio, CaF_2, e monocloreto de iodo, ICl.

a) Identifique as unidades básicas que constituem cada composto.

b) Use as fórmulas de Lewis para ilustrar a formação dos compostos anteriores.

7. Escreva as estruturas de Lewis (e os respectivos híbridos de ressonância, caso existam) das seguintes moléculas:

a) SO_2

b) $AsCl_5$

c) ICl_3

8. Para cada uma das moléculas do exercício anterior, indique (ao lado de cada estrutura):

I) o n.º estéreo do átomo central;

II) a geometria dos pares electrónicos de valência do átomo central;

III) o n.º de pares de electrões não ligantes do átomo central;

IV) a geometria da molécula;

V) o carácter polar ou apolar.

9. Ordene as substâncias seguintes por ordem crescente do seu ponto de ebulição:

fluoreto de hidrogénio (HF); oxigénio (O_2); néon (Ne); brometo de hidrogénio (HBr).

10. Qual das seguintes substâncias, o sulfato de sódio, Na_2SO_4, ou a fosfina, PH_3, espera ser mais solúvel em água? Justifique convenientemente.

11.

a) Escreva as equações das reacções a que correspondem as variações de entalpia de formação seguintes:

ΔH_f^o ($CO_2(g)$) = - 393 kJ/mol ΔH_f^o ($Fe_3O_4(s)$) = - 1117 kJ/mol

b) A partir destes valores, calcule a variação de entalpia para a reacção:

$$Fe_3O_4(s) + 2\ C(grafite) \rightarrow 3\ Fe(s) + 2\ CO_2(g)$$

12. A partir dos seguintes dados, calcule a energia de ligação O-H na água.

$H_2(g) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$ $\Delta H = -241{,}8$ kJ

$O_2(g) \rightarrow 2\ O(g)$ $\Delta H = +498{,}0$ kJ

$H_2(g) \rightarrow 2\ H(g)$ $\Delta H = +435{,}9$ kJ

13. Poderá uma solução saturada de um composto iónico ser uma solução diluída? E concentrada? Justifique.

14. Adicionaram-se 400,0 mL de solução aquosa 0,020 mol/L de nitrato de alumínio, $Al(NO_3)_3$, a 600,0 mL de solução aquosa 0,050 mol/L de hidróxido de sódio, NaOH.

a) Ocorrerá formação de algum precipitado? Justifique, apresentando os cálculos convenientes.

b) Calcule a massa do composto iónico que precipita.

DADOS:

Produtos de solubilidade a 25ºC de alguns compostos iónicos pouco solúveis

Composto	K_{ps}	Composto	K_{ps}
Brometo de cobre.(I) (CuBr)	$4{,}2\times10^{-14}$	Hidróxido de ferro (III) $[Fe(OH)_3]$	$1{,}1\times10^{-36}$
Brometo de prata (II) (AgBr)	$7{,}7\times10^{-13}$	Hidróxido de magnésio $[Mg(OH)_2]$	$1{,}2\times10^{-11}$
Carbonato de bário ($BaCO_3$)	$8{,}1\times10^{-9}$	Hidróxido de zinco $[Zn(OH)_2]$	$1{,}8\times10^{-14}$
Carbonato de cálcio ($CaCO_3$)	$8{,}7\times10^{-9}$	Iodeto de chumbo (II) (PbI_2)	$1{,}4\times10^{-8}$
Carbonato de chumbo (II) ($PbCO_3$)	$3{,}3\times10^{-14}$	Iodeto de cobre (I) (CuI)	$5{,}1\times10^{-12}$
Carbonato de estrôncio ($SrCO_3$)	$1{,}6\times10^{-9}$	Iodeto de prata (AgI)	$8{,}3\times10^{-17}$
Carbonato de magnésio ($MgCO_3$)	$4{,}0\times10^{-5}$	Sulfato de bário ($BaSO_4$)	$1{,}1\times10^{-10}$
Carbonato de prata (Ag_2CO_3)	$8{,}1\times10^{-12}$	Sulfato de estrôncio ($SrSO_4$)	$3{,}8\times10^{-7}$
Cloreto de chumbo (II) ($PbCl_2$)	$2{,}4\times10^{-4}$	Sulfato de prata (Ag_2SO_4)	$1{,}4\times10^{-5}$
Cloreto de mercúrio (I) (Hg_2Cl_2)	$3{,}5\times10^{-18}$	Sulfureto de bismuto (Bi_2S_3)	$1{,}6\times10^{-72}$
Cloreto de prata (AgCl)	$1{,}6\times10^{-10}$	Sulfureto de cádmio (CdS)	$8{,}0\times10^{-28}$
Cromato de chumbo (II) ($PbCrO_4$)	$2{,}0\times10^{-14}$	Sulfureto de chumbo (II) (PbS)	$3{,}4\times10^{-28}$
Fluoreto de bário (BaF_2)	$1{,}7\times10^{-6}$	Sulfureto de cobalto (II) (CoS)	$4{,}0\times10^{-21}$
Fluoreto de cálcio (CaF_2)	$4{,}0\times10^{-11}$	Sulfureto de cobre (II) (CuS)	$6{,}0\times10^{-37}$
Fluoreto de chumbo (II) (PbF2)	$4{,}1\times10^{-8}$	Sulfureto de estanho (II) (SnS)	$1{,}0\times10^{-26}$
Fosfato de cálcio $[Ca_3(PO_4)_2]$	$1{,}2\times10^{-26}$	Sulfureto de ferro (II) (FeS)	$6{,}0\times10^{-19}$
Hidróxido de alumínio $[Al(OH)_3]$	$1{,}8\times10^{-33}$	Sulfureto de manganês (II) (MnS)	$3{,}0\times10^{-14}$
Hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$	$8{,}0\times10^{-6}$	Sulfureto de mercúrio (II) (HgS)	$4{,}0\times10^{-54}$
Hidróxido de cobre (II) $[Cu(OH)_2]$	$2{,}2\times10^{-20}$	Sulfureto de níquel (II) (NiS)	$1{,}4\times10^{-24}$
Hidróxido de crómio(III) $[Cr(OH)_3]$	$3{,}0\times10^{-29}$	Sulfureto de prata (AgS)	$6{,}0\times10^{-51}$
Hidróxido de ferro (II) $[Fe(OH)_2]$	$1{,}6\times10^{-14}$	Sulfureto de zinco (ZnS)	$3{,}0\times10^{-23}$

ANEXO

Notícias - Ecosfera - Publico.pt (16-04-2002).

Novo Governo:

Souselas e Coimbra satisfeitas com proibição dos testes de co-incineração

O presidente da Junta de Freguesia de Souselas, José Figueiredo, ficou "contente" com a decisão do Governo de proibir os testes de co-incineração.

Também o autarca de Coimbra, Carlos Encarnação, felicitou a decisão do novo Governo, naquela que diz ser uma "vitória da luta contra a teimosia" do ex-ministro José Sócrates.

José Figueiredo recordou que a contestação da co-incineração "é uma luta de há muitos anos" contra um "processo que tem criado muitos problemas" à Junta de Souselas e às populações da região de Coimbra, sobretudo aos habitantes daquela freguesia. No entanto, o método defendido pelo PSD, incineração dedicada, é igualmente poluente, disse José Figueiredo.

"Era o que eu queria, em nome de Coimbra e da luta contra a teimosia de um ministro que não percebia o que estava a acontecer" em Coimbra, disse, por seu lado, Carlos Encarnação à Lusa. A proibição dos testes da co-incineração na cimenteira de Souselas representa a "aceitação de uma solução muito positiva para o país", segundo o autarca, que considera aquele método de eliminação dos Resíduos Industriais Perigosos (RIP) um "caminho perigoso".

Médico alvo de queixa-crime advoga demissão da CCI. José Manuel Silva, um dos dois professores da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra alvo de uma queixa-crime interposta pela Comissão Científica Independente (CCI) pelas suas posições contra a co-incineração, classificou como "uma vitória da cidadania" a proibição dos testes em Souselas e defendeu a demissão enquanto "forma airosa" de a CCI sair do processo. A proibição dos testes demonstra também que "vale a pena a intervenção dos cidadãos e que é possível derrubar lobbies tão fortes como o das cimenteiras", acrescentou. (…).

Ambientalistas congratulam-se com decisão governamental. Joaquim Gonçalves, presidente da Associação de Defesa do Ambiente de Souselas (ADAS), congratulou-se com a decisão do ministro do Ambiente, Isaltino Morais [de proibir a realização de testes de queima de resíduos industriais perigosos (RIP) na cimenteira de Souselas]. "Vamos agora concentrar toda a nossa energia sobre a forma como a fábrica labora", declarou o líder da ADAS, acrescentando que "seria necessário realizar o anunciado estudo epidemiológico à população" da área daquela freguesia do norte de Coimbra. João Gabriel, membro da Comissão para a Luta contra a Co-incineração e da associação ambientalista Quercus, [comentou que] "se forem aplicadas todas as alternativas de regeneração de resíduos perigosos, como os óleos e solventes, é até possível que não seja necessário construir uma incineradora dedicada".

ANEXO VI

Tabelas de Especificação das Situações Formativas (segunda fase do estudo)

Tabela de especificação da Situação Formativa Inicial: A Química, o Homem e a Terra.

Conhecimento prévio dos estudantes: conhecimentos empíricos e/ou científicos dos estudantes relativamente à área científica de química e a problemas ambientais e percepções dos estudantes relativamente às inter-relações que se estabelecem entre a química, a sociedade, a tecnologia e o ambiente.

Contexto I: Problemas ambientais em contextos CTS-A

Conhecimentos a ensinar: Natureza e dinâmica das inter-relações CTS-A existentes, em particular, em problemas ambientais susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química.

Modelos a ensinar: Modelos de desenvolvimento económico. A química como grande modelo explicativo de certo tipo de transformações intra e inter sistemas.

Conceitos a ensinar: Química. Ciência. Tecnologia. Sociedade. Ambiente. Inter-relações CTS-A. Ambiente. Ecossistemas. Efeito Dominó. Impacte ambiental. Tipos de recursos naturais. Modelos de desenvolvimento económico: exploração incontrolada, conservacionismo sem concessões, desenvolvimento sustentável.

Competências a desenvolver:

CT1-Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química.

CT2-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos.

CT3-Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).

CT7-Reconhecer a multidisciplinaridade dos problemas.

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE1-Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes.

CE2-Identificar problemas em situações químicas relevantes para a disciplina.

CE3-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE6-Estruturar relações entre conceitos de química.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ1. Várias circunstâncias em que a química está presente: metabolismo	**A executar em grupo, nas aulas:** **T1.** Questionar os estudantes sobre os seus conhecimentos prévios acerca do conceito de química, enquanto área científica, a partir do contexto em que se encontram (sala de aula, que está no *campus* universitário, que está em Vila Real,	**R1.** Conjunto de imagens ilustrativas de actividade física desportiva, de flora, de actividade vulcânica, de	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos, à medida que os

humano e vegetal, actividade vulcânica, actividade industrial, tráfego automóvel, materiais produzidos pelo homem (R1,T1,T2). **SQ2.** Circunstâncias da vida humana em que estão patentes inter-relações CTS-A, como por exemplo, o impacto da *Internet* ao nível social, político, económico, cultural, científico, … (R2,T3). **SQ3.** Problemas ambientais à escala global, regional e local, como por exemplo, a destruição da camada de ozono, a desflorestação, a	…) e da apresentação de várias imagens (R1,SQ1). [M1-M6,CT3,CT6,CT8] (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **T2.** Questionar os estudantes sobre os seus conhecimentos prévios acerca do conceito de ciência e das suas relações com a química (R1,SQ1). [M1-M4,M7,M8,CT3,CT8,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **T3.** Propor aos estudantes uma discussão sobre o significado que atribuem à expressão *Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente.* Pedir-lhes que identifiquem, num texto dado, algumas destas inter-relações e que descrevam dois exemplos de situações reais em que sejam evidentes estas inter-relações (R2,SQ2). [M1-M4,M9,M10,CT3,CT6,CT7,CT8,CE1,CE4]. (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **T4.** Propor aos estudantes a identificação de problemas ambientais à escala global, regional e/ou local a partir da leitura de um texto e do visionamento de um filme (R3,R4,SQ3). [M1-M4,M11,M12,CT3,CT8,CE2]. (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **T5.** Propor aos estudantes a formulação de problemas no contexto do ambiente susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química para posterior desenvolvimento no âmbito de trabalhos por projecto (R3,R4,SQ3). [M1-M4,M13,M14,CT1,CT3,CT6,CT7,CT8] (incluída na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:**	medicamentos, de produtos de limpeza, de poluição aquática e atmosférica. (incluído na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **R2.** Texto *Tecnologias e Sociedade* sobre inter-relações CTS-A. (incluído na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **R3.** Texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental* sobre modelos económicos de desenvolvimento e sua relação com várias problemáticas ambientais. (incluído na ficha de trabalho nº1, anexo VII) **R4.** Programa *Ambiente e Crescimento Demográfico*, do filme *Educação Ambiental* da Universidade Aberta, que apresenta, descreve e interpreta várias problemáticas ambientais. (incluído na ficha de trabalho nº1, anexo VII)	estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar discussão em grande grupo. **M5.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado do conceito de química, enquanto área científica, e dos conceitos de matéria, massa e transformações físico-químicas. **M6.** Assegurar que os estudantes compreendem o que é a química, os seus objectos de estudo e os meios particulares de os estudarem, e que compreendem que a química está presente em vários contextos (vida diária, indústrias, ambiente, …). **M7.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado do conceito de ciência, área científica (de que a química é um exemplo) e das relações que existem entre aquelas. **M8.** Assegurar que os estudantes compreendem o que é a ciência, os seus objectos de estudo e os meios diversos de os estudarem, e que compreendem que a química é uma área científica, resultante de uma divisão artificial da ciência. **M9.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado dos conceitos de tecnologia, sociedade, ambiente (diferente consoante o contexto), atmosfera, hidrosfera, litosfera, pedosfera, biosfera, antroposfera, inter-relações CTS-A, ecossistemas, efeito Dominó, impacte ambiental, recursos naturais não renováveis, renováveis, e potencialmente renováveis. **M10.** Assegurar que compreendem o significado do conceito de inter-relações CTS-A e que são capazes de as identificar e descrever em vários cenários. **M11.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado dos conceitos de modelos económicos de desenvolvimento (exploração incontrolada, conservacionismo sem concessões, desenvolvimento sustentável). **M12.** Assegurar que identificam problemas no contexto do ambiente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química, suas relações com avanços científicos e/ou tecnológicos e com modelos de desenvolvimento económico. **M13.** Assegurar que são formulados problemas no contexto do ambiente susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química, para posterior desenvolvimento no âmbito de trabalhos por projecto. **M14.** Apresentar e discutir um esquema aos estudantes, com o qual se pretende fazer um ponto da situação, destacando o papel da química enquanto área científica nas inter-relações CTS-A e salientando o papel da disciplina de Química, em particular os trabalhos por projecto e os trabalhos laboratoriais, na resolução de problemas.

contaminação de cursos de água, … (R3,R4,T4,T5).	**T6.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações e de identificação e descrição de problemas, abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M15,CT2,CT3,CT6,CT7,CE2,CE3*,CE4*] (incluída na ficha teórico-prática nº1, anexo IX, intitulada a *Química , o Homem e a Terra*, sobre problemas ambientais em contextos CTS-A) *para conceitos que nem sempre são de química.		**M15.** Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações e de identificação e descrição de problemas.

Tabela de especificação da Situação Formativa Projecto (problema a resolver, formulado por cada grupo de estudantes para o respectivo trabalho por projecto).

Conhecimento prévio dos estudantes: conhecimentos empíricos e/ou científicos dos estudantes relativamente a problemas ambientais e de várias áreas científicas, em particular de química, relacionáveis com a compreensão e/ou resolução daqueles problemas.

Contexto P: Problemas ambientais susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química, preferencialmente do âmbito de química introdutória.

Conhecimentos a ensinar: Conhecimentos de química, não necessariamente apenas do âmbito de química geral, e de outras áreas científicas relacionados com a compreensão e/ou resolução de problemas de índole ambiental.

Modelos a ensinar: os ensinados na disciplina de Química e/ou outros.

Conceitos a ensinar: os ensinados na disciplina de Química e/ou outros.

Competências a desenvolver:

CT1-Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química;

CT2-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos.

CT3-Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT4-Comunicar informação e conhecimentos de cariz científico de uma forma correcta e clara.

CT5-Aprender a aprender.

CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).

CT7-Reconhecer a multidisciplinaridade dos problemas.

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE3-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE5-Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas.

CE6-Estruturar relações entre conceitos de química.

CE7-Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.

CE8-Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro.

CE9-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em química.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ. Situações químicas presentes nos contextos ambientais dos problemas a resolver pelos estudantes (T1-T6).	**A executar em grupo, nas aulas:** **T1.** Propor aos estudantes a formulação de um problema no contexto do ambiente susceptível de ser compreendido e resolvido com a ajuda da química (**ver T5 da SF I**). [M1-M4,M13,M14,CT1,CT3,CT6,CT7,CT8] **T2.** Seleccionar um produto ou serviço a produzir, como parte integrante do projecto. [M16,CT2,CT4,CT8,CE8] **A conceber pelos estudantes e a executar em grupo, fora das aulas, com a mediação a ocorrer no horário de atendimento, ou nas aulas, sempre que necessário:** **T3.** Delinear um percurso para procura de soluções para o problema formulado. [M1-M3,M17,M18,CT3,CT5,CT8,CE8] **T4.** Resolver o problema, utilizando os conceitos de química e as suas relações, e eventualmente conhecimentos de outras áreas científicas, de forma teórica e operacional. [M1-M3,M18,CT2,CT3,CT5,CT7,CT8,CE7***]** **Nas aulas:** **T5.** Apresentar aos colegas e à professora, em data intercalar, o andamento do projecto. [M1,M2,M18,CT2,CT4,CT8,CE8] **Em data a combinar com os estudantes:** **T6.** Apresentar aos colegas e à professora o projecto desenvolvido e o produto e/ou serviço produzido no final do semestre.	**R.** Todos os que os estudantes considerarem importantes seleccionar e/ou conceber para a resolução do projecto que inclui a produção de um produto ou serviço).	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos, à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar discussão em grande grupo. **M13.** Assegurar que são formulados problemas no contexto do ambiente susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química, para posterior desenvolvimento no âmbito de trabalhos por projecto. **M14.** Apresentar e discutir um esquema aos estudantes, com o qual se pretende fazer um ponto da situação, destacando o papel da química enquanto área científica nas inter-relações CTS-A e salientando o papel da disciplina de Química, em particular os trabalhos por projecto e os trabalhos laboratoriais, na resolução de problemas. **M16.** Clarificar o conceito de produto e serviço e auxiliar os estudantes na execução desta tarefa. **M17.** Orientar os estudantes cirurgicamente no delineamento da resolução do problema por cada grupo. **M18.** Orientar os estudantes cirurgicamente na resolução do problema proposto por cada grupo. **M19.** No final da apresentação de todos os projectos, fazer uma avaliação qualitativa sobre o desempenho dos estudantes nesta tarefa e, globalmente, em todas as tarefas relacionadas com a resolução do problema de cada grupo.

	[M19,CT2,CT4,CT8,CE7*****] **(*)** CE7 inclui CE3-CE6 e CE9		

Tabela de especificação da Situação Formativa A1: Águas puras e águas poluídas.

Conhecimento prévio dos estudantes: conhecimentos empíricos e/ou de natureza química dos estudantes que estes associam à compreensão dos vários problemas ambientais na água.

Contexto A: Sistemas aquáticos do ponto de vista químico e ambiental.

Conhecimentos a ensinar: Descrição ambiental de sistemas aquáticos e sua caracterização química em termos da sua composição qualitativa.

Modelos a ensinar: Modelo atómico. Soluções aquosas.

Conceitos a ensinar: Tipos de matéria: substâncias (substâncias elementares, substâncias compostas ou compostos) e misturas (homogéneas ou soluções, heterogéneas e colóides). Unidades básicas das substâncias: átomos, moléculas, iões. Tipos de compostos: iónicos, covalentes moleculares e covalentes de rede tridimensional. Fórmulas químicas: fórmulas moleculares e fórmulas empíricas (*representações de conceitos*).

Competências a desenvolver:

CT1-Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química.

CT3-Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).

CT7-Reconhecer a multidisciplinaridade dos problemas.

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE1. Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes.

CE3-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE6. Estruturar relações entre conceitos de química.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ4. Alguns cursos de água portugueses poluídos em 2006, por exemplo, a Ria Formosa (R5,T1-T4).	**A executar em grupo, nas aulas:** **T1.** Propor aos estudantes a formulação de problemas de natureza química existentes nas águas, a partir da leitura de várias notícias (R5,SQ4). [M1-M4,M20,CT1,CT3,CT6,CT7,CT8] (incluída na ficha de trabalho nº2, anexo VII)	**R5.** Conjunto de notícias de 2006, acompanhadas de várias imagens, relativas à existência de poluição em cursos de água portugueses. (incluído na ficha de	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos, à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar

	T2. Propor aos estudantes a identificação de critérios de poluição nas águas (R5,SQ4). [M1-M4,M21,M22,CT3,CT8,CE3,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº2, anexo VII) **T3.** Solicitar aos estudantes a descrição de sistemas aquáticos particulares sob o ponto de vista químico (R5,SQ4). [M1-M4,M23,M24,CT3,CT8,CE1,CE3,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº2, anexo VII) **T4** (na realidade, é a T3 revisitada)**.** Solicitar aos estudantes a reformulação das respostas dadas a T3 (R5,SQ4). [M1-M4,M25,CT3,CT8,CE1,CE3,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº2, anexo VII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T5.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CE3,CE4] (incluída na ficha teórico-prática nº2 - ex. 10 e 11 - anexo IX, sobre átomos, moléculas e iões)	trabalho nº2, anexo VII)	discussão em grande grupo. **M20.** Assegurar que os estudantes formulam problemas de natureza química existentes nas águas. **M21.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre os vários critérios de poluição nas águas (critérios de natureza macroscópica, microscópica ou sub-microscópica, contextos de uso das águas, parâmetros físicos, químicos, bioquímicos e biológicos, valores fronteira para cada parâmetro…). **M22.** Assegurar que os estudantes compreendem a natureza dos critérios para a identificação de águas poluídas, dando particular atenção aos seus conhecimentos prévios acerca dos conceitos "água", "água pura", "água poluída/contaminada" e "poluente/contaminante" em termos ambientais e químicos. **M23.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre o significado dos conceitos de matéria, substâncias (substâncias elementares e compostos), misturas (homogéneas ou soluções, heterogéneas e colóides), unidades básicas das substâncias (átomos, moléculas, iões), tipos de compostos (iónicos, covalentes moleculares e covalentes de rede tridimensional, fórmulas químicas (fórmulas moleculares e fórmulas empíricas - *representações de conceitos*). **M24.** Assegurar que os estudantes conseguem descrever sistemas aquáticos do ponto de vista ambiental e do ponto de vista químico, em termos da sua composição qualitativa (recorrendo à construção dos modelos de situações químicas convenientes e à identificação e utilização dos modelos teóricos adequados). **M25-1.** Assegurar que os estudantes conseguem descrever sistemas aquáticos do ponto de vista químico, em termos da sua composição qualitativa, desta vez recorrendo às representações de conceitos adequadas (fórmulas químicas) (recorrendo à construção dos modelos de situação convenientes e à identificação e utilização dos modelos teóricos adequados). **M25-2.** Fazer ponto da situação, analisando o percurso em termos da aprendizagem conceptual desde o início da situação formativa A1 até aqui, e relacionando os conhecimentos de química aprendidos com aspectos relevantes em termos ambientais. **M26.** Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações.

Tabela de especificação da Situação Formativa α: Incursão ao *interior* da matéria (I).

Conhecimento prévio dos estudantes: concepções e/ou conhecimentos de natureza química dos estudantes sobre a natureza submicroscópica da matéria e sobre a relação desta com a propriedade macroscópica massa nas transformações físico-químicas.

Contexto A: Sistemas aquáticos do ponto de vista químico e ambiental.

Conhecimentos a ensinar: Propriedades macroscópicas da matéria e suas relações com a natureza submicroscópica da matéria. A lei da conservação da massa nas transformações físico-químicas.

Modelos a ensinar: Modelo atómico.

Conceitos a ensinar: Átomo. Propriedades macroscópicas e a natureza submicroscópica da matéria. Lei da conservação da massa e transformações químicas. Constituição do átomo. Os electrões como participantes nas transformações químicas. Notação científica. Algarismos significativos. Exactidão (rigor) e precisão. Erros sistemáticos e erros acidentais numa medição.

Competências a desenvolver:

CT3. Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE1. Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes.

CE3-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE6. Estruturar relações entre conceitos de química.

CE7. Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.

CE8. Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro.

CE9. Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em química.

CE10. Efectuar operações laboratoriais essenciais.

CE11. Executar montagens laboratoriais em química com destreza e autonomia.

CE12. Trabalhar num laboratório de química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ5. Contextualização histórica da construção do	**A executar em grupo, nas aulas:** **T1.** Solicitar aos estudantes a identificação e a descrição sucinta das várias etapas históricas	**R6.** Texto *A Química é a ponte entre o mundo perceptível dos materiais e o mundo*	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio (mas

conhecimento acerca da natureza da matéria, desde os filósofos gregos até à teoria atómica de Dalton, e contextualização histórica da descoberta das partículas subatómicas (R6,T1,T2). **SQ6.** Pedaços de magnésio e sua combustão ao ar (ou eventualmente óxido de magnésio sólido e sua decomposição ao ar) (R7,T4,T5,T6).	fundamentais na evolução do conhecimento acerca da natureza da matéria, a partir da leitura de um texto (R6,SQ5). [M1-M4,M27,M28,CT3,CT6,CT8,CE1,CE3,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº3, anexo VII) **T2.** Solicitar aos estudantes a indicação, entre outras, das partículas subatómicas responsáveis pela maior parte da massa dos átomos ou pelo comportamento químico das substâncias, após a leitura do texto dado (R6,SQ5). [M1-M4,M29,M30,CT3,CT8,CE4] (incluída na ficha de trabalho nº3, anexo VII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T3.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CE3,CE4] (incluída nas fichas teórico-práticas nºs 2 e 3, anexo IX, sobre átomos, moléculas e iões e sobre notação científica e algarismos significativos, respectivamente) **A executar em grupo, nas aulas:** **T4.** Dado o problema "Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio", propor aos estudantes a elaboração de procedimentos laboratoriais para resolver o problema inicial (fazendo referência ao material de laboratório e reagentes a utilizar e aos dados que é preciso recolher para fazer os cálculos necessários à determinação da fórmula empírica (R7-Parte I,SQ6). [M1-M3,M31,M32,M33,CT3,CT6,CT8,CE7,CE8,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº1, anexo VIII)	*imaginário dos átomos* sobre a evolução do conhecimento acerca da natureza corpuscular da matéria numa perspectiva histórica. (incluído na ficha de trabalho nº3, anexo VII) **R7.** Trabalho laboratorial nº1, *Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio*: <u>Parte I</u> – Texto com breve referência à aplicação e obtenção industrial do magnésio, a alguns impactes ambientais da exploração mineira em geral e considerações teóricas sobre fórmulas empíricas e moleculares, seu interesse e determinação laboratorial de fórmulas empíricas; Indicação da tarefa orientadora para os estudantes resolverem o problema inicial. <u>Parte II</u> – Procedimento laboratorial proposto pela professora para resolver o problema	após leitura do texto dado) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos, à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar discussão em grande grupo. **M26.** Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações. **M27.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, acerca de algumas discussões filosóficas sobre a natureza da matéria até Lavoisier (o uso da balança permitiu-lhe associar números à matéria, determinando a massa das substâncias que reagiam entre si e verificando a conservação da massa nas transformações químicas) e posteriormente Dalton (na sua teoria atómica, a matéria consiste em átomos; nas transformações químicas os "átomos trocam simplesmente de companheiros", o que explica a conservação da massa). Clarificar a ligação entre estes conceitos e suas relações e a determinação laboratorial de fórmulas empíricas (a executar no trabalho laboratorial nº1, R7). **M28.** Assegurar que os estudantes identificam e descrevem as várias etapas históricas fundamentais na evolução do conhecimento acerca da natureza da matéria. Assegurar ainda que compreendem os conceitos de átomo e de massa e as suas relações numa transformação físico-química. **M29.** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre os conceitos de electrão, protão, neutrão, nucleão, massa atómica, massa molecular, número de Avogadro, mole, massa molar. **M30.** Dar informações aos estudantes sobre como determinar fórmulas empíricas e moleculares a partir de dados obtidos laboratorialmente e sobre a técnica de cálculo das fórmulas empíricas. Dar ainda informações sobre erros sistemáticos e erros acidentais numa medição, a sua representação e a sua propagação (exactidão (rigor) e precisão, notação científica e algarismos significativos). Indicar regras de combate a sinistros em laboratórios de química. **M31.** Assegurar a compreensão do problema a resolver e das tarefas propostas. **M32.** Orientar a elaboração de *um* percurso para a resolução do problema proposto. **M33.** Orientar o estabelecimento da ligação entre o problema a resolver e o trabalho laboratorial. **M34.** Garantir que as técnicas laboratoriais são executadas correctamente e com as medidas de segurança adequadas. **M35.** Assegurar o registo adequado dos dados laboratoriais necessários.

	A executar em grupo, nas aulas em laboratório: **T5.** Resolução, pelos estudantes, do problema proposto com execução de técnicas laboratoriais (pesar sólidos; provocar a combustão do magnésio ao ar) e registo dos dados laboratoriais no caderno de laboratório (R7-Parte II,SQ6). [M34,M35,M36,CT3,CT8,CE7,CE10,CE11,CE12] (incluída no trabalho laboratorial nº1, anexo VIII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T6.** Calcular, com os dados laboratoriais, a fórmula empírica do óxido de magnésio, apresentando-os no caderno de laboratório (R7-Parte III,SQ6). [M36,M26,CT8,CE4,CE6,CE7,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº1, anexo VIII) **T7.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CE3,CE4] (incluída na ficha teórico-prática nº4, anexo IX, sobre determinação de fórmulas empíricas e moleculares) **A executar em grupo, nas aulas:** **T8.** Solicitar aos estudantes que estabeleçam relações entre procedimentos e/ou pressupostos do trabalho laboratorial nº 1 e especulações ou teorias científicas expressas no texto dado na tarefa 1 (R6,R7,SQ5,SQ6). [M1-M4,M37,CT3,CT8,CE3,CE4,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº3, anexo VII)	inicial, com a indicação do material e reagentes adequados e ainda com referência a procedimentos de segurança e de protecção ambiental. Parte III – Indicação do problema inicial a resolver. (incluído no anexo VIII)	**M36.** Orientar o estabelecimento das relações entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos. **M37.** Assegurar que os estudantes compreendem que a determinação laboratorial da fórmula empírica do óxido de magnésio se baseou na lei da conservação da massa e na teoria atómica de Dalton (subjacentes a qualquer outra transformação físico-química).

Tabela de especificação da Situação Formativa A2: Sistemas aquáticos simples.

Conhecimento prévio dos estudantes: concepções e/ou conhecimentos de natureza química dos estudantes sobre a composição qualitativa e quantitativa de sistemas aquáticos, poluídos ou não.

Contexto A: Sistemas aquáticos do ponto de vista químico e ambiental.

Conhecimentos a ensinar: Descrição ambiental de sistemas aquáticos e sua caracterização química em termos da sua composição quantitativa.

Modelos a ensinar: Soluções aquosas.

Conceitos a ensinar: Soluções. Solutos. Solventes. Tipos de soluções. Soluções aquosas. Solubilidade de substâncias em água. Solução saturada. Solução insaturada. Solução sobressaturada. Concentração de soluções aquosas. Molaridade, molalidade, percentagem mássica, partes por milhão, massa por volume, fracção molar. Densidade de uma solução.

Competências a desenvolver:

CT3. Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE3. Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE6-Estruturar relações entre conceitos de química.

CE7. Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.

CE8. Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro.

CE9. Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em química.

CE10. Efectuar operações laboratoriais essenciais.

CE11. Executar montagens laboratoriais em química com destreza e autonomia.

CE12. Trabalhar num laboratório de química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ4. Alguns cursos de água portugueses poluídos em 2006, por exemplo, a Ria Formosa	**T1.** Solicitar a atenção dos estudantes para a apresentação pela professora do ponto da situação e para a apresentação teórica de conceitos e suas relações, essenciais para a descrição quantitativa de sistemas aquáticos (**R5,SQ4 de SF A1**). [M38,M39,CT3,CE6]	**R5.** Conjunto de notícias de 2006, acompanhadas de várias imagens, relativas à existência de poluição em cursos de água portugueses.	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos à medida que os

(R5,T1). **SQ7.** Solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH, e solução aquosa de ácido sulfúrico, H_2SO_4 (R8,T3,T4,T5). **SQ8.** Amostras de água recolhidas em diversos pontos de captação da bacia do Douro (fornecidas pela professora) (R9,T6,T7,T8).	**A executar em grupo, ou individualmente, nas aulas e fora delas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T2.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CT8,CE3,CE4] (incluída na ficha teórico-prática nº5, anexo IX, sobre concentração de soluções) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T3.** Dado o problema "Preparação de soluções aquosas conhecendo previamente as concentrações a obter", propor aos estudantes a elaboração de procedimentos laboratoriais para resolver o problema inicial (fazendo referência ao material de laboratório e reagentes a utilizar, aos cálculos necessários e aos dados que é preciso recolher para calcular a concentração das soluções em várias unidades (R8-Parte I,SQ7). [M1-M3,M31,M32,M33,CT3,CT6,CT8,CE7,CE8,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº2, anexo VIII) **A executar em grupo, nas aulas em laboratório:** **T4.** Resolução, pelos estudantes, do problema proposto com execução de técnicas laboratoriais (pesar um sólido e soluções; dissolver um sólido num líquido; pipetar um líquido; diluir uma solução aquosa; homogeneizar soluções; transferir um líquido para outro recipiente.) e registo dos dados laboratoriais no caderno de laboratório (R8-Parte II,SQ7). [M34,M35,M36,CT3,CT8,CE7,CE10,CE11,CE12] (incluída no trabalho laboratorial nº2, anexo VIII)	(incluído na ficha de trabalho nº2, anexo VII) **R8.** Trabalho laboratorial nº2, *Preparação de soluções aquosas conhecendo previamente as concentrações a obter*: <u>Parte I</u> – Texto com breve referência a algumas soluções usadas no dia-a-dia, entre elas, a solução aquosa de hidróxido de sódio e a solução aquosa de ácido sulfúrico, H_2SO_4, e indicação do impacte ambiental causado pelo uso inadequado destas soluções; Considerações teóricas sobre as diversas formas de expressar a concentração de uma solução; Indicação das tarefas orientadoras para os estudantes resolverem o problema inicial. <u>Parte II</u> – Procedimento laboratorial proposto pela professora para resolver o problema inicial, com a indicação do material e reagentes adequados e ainda	estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M26.** Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações. **M31.** Assegurar a compreensão do problema a resolver e das tarefas propostas. **M32.** Orientar a elaboração de *um* percurso para a resolução do problema proposto. **M33.** Orientar o estabelecimento da ligação entre o problema a resolver e o trabalho laboratorial. **M34.** Garantir que as técnicas laboratoriais são executadas correctamente e com as medidas de segurança adequadas. **M35.** Assegurar o registo adequado dos dados laboratoriais necessários. **M36.** Orientar o estabelecimento das relações entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos. **M38.** Fazer um ponto da situação, estabelecendo ligações entre a situação formativa A1 e a situação formativa actual. Isto é, relacionar as notícias sobre cursos de água portugueses poluídos e a sua composição qualitativa (ver recurso R5, situação química SQ4 e tarefas T2, T3 e T4 da SF A1), e estas com a legislação em vigor e a necessidade de conhecer a composição quantitativa dos sistemas aquáticos. **M39.** Dar informações sistematizadas aos estudantes sobre os conceitos de soluções, solutos, solventes, tipos de soluções, soluções aquosas, solubilidade de substâncias em água, solução saturada, solução insaturada, solução sobressaturada, concentração de soluções aquosas (molaridade, molalidade, percentagem mássica, partes por milhão, massa por volume, fracção molar) e densidade de uma solução. Clarificar a ligação entre os conceitos anteriores, e suas relações, e a preparação laboratorial de soluções aquosas (a executar no trabalho laboratorial nº2, R8).

	A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora: **T5.** Calcular, com os dados laboratoriais, a concentração das duas soluções preparadas em várias unidades de concentração, apresentando-as no caderno de laboratório (R8-Parte III,SQ7). [M36,M26,CT8,CE4,CE6,CE7,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº2, anexo VIII) **T6.** Dado o problema "Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas", e sendo explicados previamente os procedimentos laboratoriais essenciais para resolver o problema inicial, propor aos estudantes a resolução de algumas tarefas para a análise hipotética de duas águas naturais, nomeadamente: - escolher as concentrações em ião fosfato de três soluções padrão; - propor o material, os reagentes, o procedimento e os cálculos para as preparar a partir da diluição de uma solução padrão-mãe fornecida; - apresentar uma simulação da recta de calibração a obter nessa análise hipotética; - indicar como fariam para determinar a concentração de ião fosfato nas amostras de água em causa. (R9-Parte I,SQ8). [M1-M3,M31,M32,M33,CT3,CT6,CT8,CE7,CE8,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº3, anexo VIII) **A executar em grupo, nas aulas em laboratório:** **T7.** Resolução, pelos estudantes, do problema proposto com execução de técnicas laboratoriais (preparar soluções; sintetizar reagentes; ler	com referência a procedimentos de segurança. <u>Parte III</u> – Indicação do problema inicial a resolver, com a solicitação das concentrações finais das duas soluções em várias unidades. (incluído no anexo VIII) **R9.** Trabalho laboratorial nº3, *Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas*: <u>Parte I</u> – Texto com breve referência ao processo de eutrofização da água de alguns lagos e cursos de água, associado ao uso excessivo de fosfatos e nitratos na agricultura; Considerações teóricas e operacionais sobre a técnica de análise de espectrofotometria no visível e o método da recta de calibração, usados para dosear espécies químicas existentes em baixas concentrações em águas; Indicação das tarefas orientadoras	

	absorvâncias a um dado c.d.o.) e registo dos dados laboratoriais no caderno de laboratório (R9-Parte II,SQ8). [M34,M35,M36,CT3,CT8,CE7,CE10,CE11,CE12] (incluída no trabalho laboratorial nº3, anexo VIII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T8.** Calcular, com os dados laboratoriais, as concentrações do ião fosfato nas amostras de água fornecidas, apresentando-as no caderno de laboratório (R9-Parte III,SQ8). [M36,M26,CT8,CE4,CE6,CE7,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº3, anexo VIII)	para os estudantes resolverem o problema inicial. <u>Parte II</u> – Procedimento laboratorial proposto pela professora para resolver o problema inicial, com a indicação do material e reagentes adequados e ainda com referência a procedimentos de segurança e de protecção ambiental. <u>Parte III</u> – Indicação do problema inicial a resolver, com a solicitação das concentrações do ião fosfato nas amostras de água fornecidas. (incluído no anexo VIII)	

Tabela de especificação da Situação Formativa B: Desastres ambientais na água.

Conhecimento prévio dos estudantes: concepções e/ou conhecimentos químicos dos estudantes sobre o comportamento na água de substâncias de natureza química diferente.

Contexto B: Desastres ambientais na água.

Conhecimentos a ensinar: Descrição ambiental de sistemas aquáticos e sua caracterização química em termos do comportamento na água das substâncias, suas componentes, de diferente natureza.

Modelos a ensinar: Soluções aquosas.

Conceitos a ensinar: Classificação dos solutos em solução aquosa: electrólitos e não-electrólitos, electrólitos fortes e electrólitos fracos. Dissolução e dissociação de compostos iónicos na água. Dissolução de compostos moleculares na água. Hidratação de iões e de moléculas.

Competências a desenvolver:

CT3. Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE3. Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE5-Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas.

CE6-Estruturar relações entre conceitos de química.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ9. Águas poluídas do Oceano Atlântico, devido ao derramamento de substâncias pelos navios *Nautila* e *Prestige*, e seus efeitos ambientais (R10,	**A executar em grupo, nas aulas:** **T1.** Solicitar aos estudantes a identificação de duas diferenças entre as substâncias derramadas nas águas oceânicas por dois navios, a partir da leitura de notícias facultadas (R10,SQ9). [M1-M4,CT3,CT6,CT8] (incluída na ficha de trabalho nº4, anexo VII) **T2.** Propor aos estudantes a reflexão e a discussão sobre os conhecimentos de química que julgam estar na base da explicação para a diferença de comportamentos na água das duas substâncias	**R10.** Notícias de 2003 relativas ao afundamento do cargueiro *Nautila* e do petroleiro *Prestige* no Oceano Atlântico e aos seus efeitos ambientais. (incluído na ficha de trabalho nº4, anexo VII)	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar discussão em grande grupo. **M40-1.** Dar informações sistematizadas aos estudantes sobre os conceitos de electrólitos e não-electrólitos, electrólitos fortes e electrólitos fracos, dissolução e dissociação de compostos iónicos na água, dissolução de compostos moleculares na água, hidratação de iões e de

T1,T2,T3).	derramadas (R10,SQ9). [M1-M4,M40,CT3,CT8,CE3,CE4,CE5,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº4, anexo VII) **Executar a Situação Formativa ß.** **Voltar à Situação Formativa B:** **T3.** Solicitar aos estudantes a explicação para a diferença de comportamentos em meio aquoso das duas substâncias derramadas, agora à luz dos conhecimentos de química apresentados pela professora (R10,SQ9). [M1-M4,M42,CT3,CT8,CE3,CE4,CE5,CE6] (incluída na ficha de trabalho nº4, anexo VII)		moléculas. **M40-2.** Fazer ponto da situação, analisando o percurso em termos da aprendizagem conceptual desde o início da situação formativa A1 até aqui, e relacionando os conhecimentos de química aprendidos com aspectos relevantes em termos ambientais. **M42.** Assegurar que os estudantes compreendem a relação entre a química e o ambiente, em particular, a relação existente entre os conceitos centrais ligação química, geometria molecular, forças intermoleculares e o processo de dissolução de substâncias na água e entre os conceitos anteriores e certas consequências ambientais.

Tabela de especificação da Situação Formativa ß – Incursão ao *interior* da matéria – II.

Conhecimento prévio dos estudantes: concepções e/ou conhecimentos químicos dos estudantes sobre as interacções existentes entre substâncias de natureza diferente (sendo uma delas a água) componentes de uma mistura.

Contexto B: Desastres ambientais na água.

Conhecimentos a ensinar: Descrição dos fenómenos que ocorrem na dissolução de substâncias noutras em termos das interacções a nível submicroscópico estabelecidas entre aquelas.

Modelos a ensinar: Modelo atómico.

Conceitos a ensinar: Configuração electrónica. Notação de Lewis. Ligações químicas: iónica, covalente e metálica. Tipos de compostos: iónicos, covalentes moleculares e covalentes de rede tridimensional. Electronegatividade, energia de ionização e afinidade electrónica de um elemento. Estruturas de Lewis. Modelo de Repulsão dos Pares Electrónicos da Camada de Valência. Geometria molecular. Momento dipolar de uma ligação. Momento dipolar de uma molécula. Forças intermoleculares: dipolo-dipolo, ião-dipolo, dipolo-dipolo induzido, ião-dipolo induzido, dipolo instantâneo-dipolo e ligação de hidrogénio. Temperaturas de fusão e de ebulição de substâncias *versus* forças intermoleculares. Dissolução de umas substâncias noutras *versus* forças intermoleculares. Processo de dissolução analisado em termos moleculares.

Competências a desenvolver:

CT3. Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE3. Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE5-Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas.

CE6-Estruturar relações entre conceitos de química.

CE9. Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em química.

CE10. Efectuar operações laboratoriais essenciais.

CE11. Executar montagens laboratoriais em química com destreza e autonomia.

CE12. Trabalhar num laboratório de química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ9. Águas poluídas do Oceano Atlântico, devido ao derramamento	**T1.** Solicitar a atenção dos estudantes para a apresentação teórica de conceitos e suas relações, essenciais para a compreensão dos fenómenos submicroscópicos envolvidos na dissolução de substâncias noutras (**R10,SQ9 de SF B**).	**R10.** Notícias de 2003 relativas ao afundamento do cargueiro *Nautila* e do petroleiro *Prestige* no Oceano Atlântico e aos	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos à medida que os

de substâncias pelos navios *Nautila* e *Prestige*, e seus efeitos ambientais (R10, T1). **SQ10.** Várias substâncias químicas líquidas e as misturas obtidas a partir de cada par das anteriores (R11,T3,T4,T5)	[M41-1,CT3,CE6] **A executar, em grupo ou individualmente, nas aulas e fora delas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T2.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CT8,CE3,CE4,CE5] (incluída nas fichas teórico-práticas nºs 6 e 7, anexo IX, sobre ligação química, estrutura e geometria molecular e sobre forças intermoleculares, respectivamente) **A executar em grupo, nas aulas em laboratório:** **T3.** Dado um conjunto de substâncias químicas líquidas, solicitar aos estudantes as suas previsões quanto à miscibilidade dos vários pares possíveis de substâncias, com a apresentação das respectivas justificações (R11,SQ10). [M1-M4,CT8,CE3,CE4,CE5] (incluída no trabalho laboratorial nº4, anexo VIII) **T4.** Execução de testes de solubilidade propostos com as substâncias anteriores e registo das observações (R11,SQ10). [M34,M35,M36,CT3,CT8,CE10,CE11,CE12] (incluída no trabalho laboratorial nº4, anexo VIII) **T5.** Solicitar aos estudantes as explicações dos resultados obtidos nos testes de solubilidade efectuados em T4, confrontando-os com as previsões feitas (R11,SQ10). [M1-M4,M36,M41-2,CT8,CE3,CE4,CE5,CE6,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº4, anexo VIII)	seus efeitos ambientais. (incluído na ficha de trabalho nº4, anexo VII) **R11.** Trabalho laboratorial nº4, *Previsão/Observação /Explicação da miscibilidade de líquidos em sistemas binários.* (incluído no anexo VIII)	estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar discussão em grande grupo. **M26.** Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações. **M34.** Garantir que as técnicas laboratoriais são executadas correctamente e com as medidas de segurança adequadas. **M35.** Assegurar o registo adequado dos dados laboratoriais necessários. **M36.** Orientar o estabelecimento das relações entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos. **M41-1** Dar informações sistematizadas aos estudantes sobre os conceitos configuração electrónica, notação de Lewis, ligações químicas (iónica, covalente e metálica), tipos de compostos (iónicos, covalentes moleculares e covalentes de rede tridimensional), electronegatividade, energia de ionização e afinidade electrónica de um elemento, estruturas de Lewis, modelo de Repulsão dos Pares Electrónicos da Camada de Valência., geometria molecular, momento dipolar de uma ligação, momento dipolar de uma molécula, forças intermoleculares (dipolo-dipolo, ião-dipolo, dipolo-dipolo induzido, ião-dipolo induzido, dipolo instantâneo-dipolo e ligação de hidrogénio), temperaturas de fusão e de ebulição de substâncias *versus* forças intermoleculares, dissolução de umas substâncias noutras *versus* forças intermoleculares. Dissolução de umas substâncias noutras *versus* forças intermoleculares. Processo de dissolução analisado em termos moleculares. **M41-2.** Assegurar que os estudantes compreendem a relação entre os conceitos centrais ligação química, geometria molecular e as forças intermoleculares e entre estas e a dissolução de substâncias noutras.

Tabela de especificação da Situação Formativa C: Efeitos da poluição.

Conhecimento prévio dos estudantes: concepções e/ou conhecimentos de natureza química dos estudantes sobre a composição (qualitativa e quantitativa) de sistemas aquáticos e sobre os processos de dissolução /hidratação /natureza dos fenómenos envolvidos em certos problemas ambientais na água

Contexto C: Efeitos da poluição

Conhecimentos a ensinar: Compreensão de vários problemas ambientais em termos dos diversos tipos de transformações químicas que ocorrem nos sistemas em causa (aquáticos, atmosféricos, solos**, ...**).

Modelos a ensinar: Reacções químicas. Equilíbrio químico.

Conceitos a ensinar: Reacções químicas no ambiente: reacções de oxidação-redução, reacções de ácido-base, reacções de precipitação, reacções de complexação, reacções fotoquímicas. Extensão de uma reacção química. Reacções completas ou irreversíveis. Reacções incompletas ou reversíveis. Noção de equilíbrio químico. Constante de equilíbrio. Factores que afectam o equilíbrio químico. Equilíbrio de oxidação-redução: reacção de redução, reacção de oxidação, nº de oxidação, acerto de equações de oxidação-redução, agente redutor, agente oxidante, substância reduzida, substância oxidada. Equilíbrio de ácido-base: ácidos e bases segundo Arrhenius e segundo Bronsted-Lowry, propriedades ácido-base da água, autoionização da água, produto iónico da água, noção de pH, ácidos e bases fortes e ácidos e bases fracos, ionização de ácidos e bases, constantes de ionização de ácidos fracos e de bases fracas, ácidos dipróticos e polipróticos, hidrólise de sais, pH e efeito de ião comum, soluções tampão.

Competências a desenvolver:

CT1-Formular problemas no âmbito de temáticas do ambiente, com que o mundo depara actualmente, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da química.

CT2-Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos.

CT3-Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).

CT7-Reconhecer a multidisciplinaridade dos problemas.

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE1-Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes.

CE2-Identificar problemas em situações químicas relevantes para a disciplina.

CE3-Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4. Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE5. Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas.

CE6-Estruturar relações entre conceitos de Química.

CE7. Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos;

CE8. Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de Química, em contexto experimental ou outro;

CE9. Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em Química;

CE10. Efectuar operações laboratoriais essenciais;

CE11. Executar montagens laboratoriais em química com destreza e autonomia;

CE12. Trabalhar num laboratório de Química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.

Situação química	Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
SQ11. Várias circunstâncias em que a química está presente (actividade vulcânica, actividade industrial, tráfego automóvel) e várias situações decorrentes das circunstâncias ilustradas (degelo, degradação de monumentos, destruição de florestas lesões na pele de humanos) (R12,T1,T2, T3).	**A executar em grupo, nas aulas:** **T1.** Solicitar aos estudantes a organização das imagens fornecidas em grupos nos quais possam ser estabelecidas relações de causa-efeito (R12,SQ11). [M1-M4,CT3,CT6,CT8] (incluída na ficha de trabalho nº5, anexo VII) **T2.** Solicitar aos estudantes o estabelecimento de relações entre cada grupo de imagens da tarefa 1 e problemas ambientais à escala global, regional ou local. [M1-M4,CT3,CT6,CT8] (incluída na ficha de trabalho nº5, anexo VII) **T3.** Solicitar aos estudantes a explicação química para a diferença de comportamentos em meio aquoso das duas substâncias derramadas, após a leitura de um texto sobre conhecimentos de química (R12, R13, SQ11). [M1-M4,M26,M34-36,M41,CT3,CT6,CT8,CE3,CE4,CE5, CE6] (incluída na ficha de trabalho nº5, anexo VII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T3.** Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CE3,CE4]	**R12.** Conjunto de imagens ilustrativas de actividade vulcânica, de poluição atmosférica e de alguns dos seus efeitos no ambiente e na saúde humana. (incluído na ficha de trabalho nº5, anexo VII) **R13.** Texto *Processos químicos relevantes em problemas ambientais* (**a elaborar)**. (a incluir na ficha de trabalho nº5, anexo VII) **R14.** Trabalho laboratorial nº5,	**M1.** Verificar que os estudantes entendem a tarefa. **M2.** Assegurar que os estudantes estão a executar adequadamente a tarefa (com a discussão entre pares sobre os seus pontos de vista, baseados no respectivo conhecimento prévio) e dar-lhes um tempo para a sua execução. **M3.** Dar informações cirúrgicas sobre o significado de vários conceitos à medida que os estudantes vão tendo dificuldades conceptuais durante a execução da tarefa. **M4.** Escrever no quadro da sala de aula as respostas dadas por todos, para proporcionar discussão em grande grupo. **M26.** Assegurar que os estudantes são capazes de realizar autonomamente as suas tarefas de aplicação de conceitos e suas relações. **M34.** Garantir que as técnicas laboratoriais são executadas correctamente e com as medidas de segurança adequadas. **M35.** Assegurar o registo adequado dos dados laboratoriais necessários. **M36.** Orientar o estabelecimento das relações entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos. **M41-1** Dar informações sistematizadas aos estudantes, para corrigir e/ou complementar as respostas dadas, sobre os conceitos Reacções químicas no ambiente: reacções de oxidação-redução, reacções de ácido-base, reacções de precipitação, reacções de complexação, reacções fotoquímicas. Extensão de uma reacção química. Reacções completas ou irreversíveis. Reacções incompletas ou reversíveis. Noção de equilíbrio químico. Constante de equilíbrio. Factores que afectam o equilíbrio químico. Equilíbrio de oxidação-redução: reacção de redução, reacção de oxidação, nº de oxidação, acerto de equações de oxidação-redução, agente redutor, agente oxidante, substância reduzida, substância oxidada. Equilíbrio de ácido-base: ácidos e bases segundo Arrhenius e segundo Bronsted-Lowry, propriedades ácido-base da água, autoionização da água, produto iónico da água, noção de pH, ácidos e bases fortes e ácidos e bases fracos, ionização de ácidos e bases, constantes de ionização de ácidos fracos e de bases fracas, ácidos dipróticos e polipróticos, hidrólise de sais, pH e efeito de ião comum, soluções tampão. **M41-2.** Assegurar que os estudantes compreendem a relação entre os conceitos centrais

	A executar em grupo, nas aulas: **T4.** Dado o problema proposto no TL5", propor aos estudantes a elaboração de procedimentos laboratoriais para resolver o problema inicial (fazendo referência ao material de laboratório e reagentes a utilizar e aos dados que é preciso recolher para fazer os cálculos necessários à resolução do problema (R14-Parte I,SQ12). [M1-M3,M31,M32,M33,CT3,CT6,CT8,CE7,CE8,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº5, anexo VIII) **A executar em grupo, nas aulas em laboratório:** **T5.** Resolução, pelos estudantes, do problema proposto com execução de técnicas laboratoriais (pesar sólidos; provocar a combustão do magnésio ao ar) e registo dos dados laboratoriais no caderno de laboratório (R14-Parte II,SQ). [M34,M35,M36,CT3,CT8,CE7,CE10,CE11,CE12] (incluída no trabalho laboratorial nº5, anexo VIII) **A executar, em grupo ou individualmente, fora das aulas, ou com recurso ao horário de atendimento da professora:** **T6.** Efectuar os cálculos, com os dados laboratoriais, para resolver o problema do TL, apresentando-os no caderno de laboratório (R14-Parte III,SQ). [M36,M26,CT8,CE4,CE6,CE7,CE9] (incluída no trabalho laboratorial nº5, anexo VIII)		ligação química, geometria molecular e as forças intermoleculares e entre estas e a dissolução de substâncias noutras.

	T7. Propor aos estudantes a resolução de exercícios de aplicação de conceitos e suas relações abordados nesta situação formativa. [M1-M3,M26,CE3,CE4] (incluída na ficha teórico-prática nº, anexo IX, sobre ácidos, bases, espécies em solução, ác. Fortes e fracos, pKa, pKb, Kw, pH de soluções, …		

Tabela de especificação da Situação Formativa D: Desenvolvimento sustentável.

Conhecimento prévio dos estudantes: a elaborar.

Contexto D: A entropia e as transformações químicas.

Conhecimentos a ensinar: *Tratamento energético de transformações químicas mais comuns no ambiente (ΔE, ΔH, ΔS, ΔG)*)

Modelos a ensinar: Reacções químicas. Soluções aquosas. Modelo energético.

Conceitos a ensinar: Processo de dissolução analisado em termos energéticos. Energia. Variações de energia em reacções químicas. Entalpia. Calorimetria. Entalpias padrão de formação e de reacção. Calores de dissolução e de diluição. A primeira lei da Termodinâmica. Processos espontâneos e entropia. A segunda lei da termodinâmica. Energia de Gibbs. Energia de Gibbs e equilíbrio químico. A terceira lei da termodinâmica. variação de entropia da *reacção* de dissolução; variação de energia livre de Gibbs da *reacção* de dissolução; extensão/espontaneidade (ocorrência natura) da dissolução de uma substância noutra.

Competências a desenvolver:

CT3. Compreender a informação transmitida em discursos orais e em textos escritos, inclusivamente em língua estrangeira.

CT6-Identificar inter-relações e interdependência existentes entre diversos problemas ambientais, e entre estes e questões sociais, tecnológicas e científicas (Inter-relações CTS-A).

CT7-Reconhecer a multidisciplinaridade dos problemas.

CT8-Trabalhar em grupo, sabendo argumentar e contra-argumentar.

CE1-Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes.

CE2-Identificar problemas em situações químicas relevantes para a disciplina.

CE3. Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações.

CE4-Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química.

CE5-Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas.

CE6-Estruturar relações entre conceitos de química.

CE7. Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos.

CE8. Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de química, em contexto experimental ou outro.

CE9. Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em química.

CE10. Efectuar operações laboratoriais essenciais.

CE11. Executar montagens laboratoriais em química com destreza e autonomia.

CE12. Trabalhar num laboratório de química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.

Situação química		Tarefas	Recursos	Mediação do professor (traços)
		T1. Apresentação teórica de conceitos **T2.** Resolução de exercícios da T/P sobre delta H, delta S e delta G Ficha TP sobre termodinâmica **T3.** Tarefas de acordo com o TL 6 de acordo com problema a resolver	**Recurso a elaborar:** Trabalho laboratorial nº6 **Calor/variação de entalpia** de reacção (a elaborar). (*Determinação laboartorial de calores de dissolução de vários solutos em água+ cálculo de variações de entalpia tabeladas + cálculo de variações de energia de Gibbs; cálculo de Ke a partir de variações de energia de Gibbs; conclusão quanto à espontaneidade de algumas reacções de dissolução possíveis.)*	Mediação de acordo com as tarefas e competências a desenvolver

ANEXO VII

Fichas de Trabalho (segunda fase do estudo)

Ficha de trabalho n.º 1

Recursos: Conjunto de imagens; texto *Tecnologias e Sociedade* (anexo).
Tarefas:

1. Atente nas imagens fornecidas e no que o rodeia e diga de que forma a Química está presente em vários aspectos da vida.

2. Discuta as relações que existem entre a Ciência e a Química.

3. Discuta o significado que atribui à expressão *Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente*. Descreva as inter-relações existentes em duas situações à sua escolha.

> *Sugestões:* Tenha em conta o texto *Tecnologias e Sociedade*, onde poderá identificar vários casos de inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, e situações que conheça, em que sejam evidentes estas inter-relações.

Recursos: Texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental* (anexo); programa *Ambiente e Crescimento Demográfico* do filme *Educação Ambiental* da Universidade Aberta.
Tarefas:

Após a leitura do texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental* e o visionamento do filme *Ambiente e Crescimento Demográfico*:

4. Identifique (ou seja, enuncie, descreva, concretize contextos, levante questões, …) problemas ambientais à escala global, regional e/ou local.

> *Sugestões:* Tenha em conta relações entre problemáticas ambientais e:
> - a Química, como ciência;
> - modelos de desenvolvimento económico;
> - avanços científicos e/ou tecnológicos, entre outros.

5. Formule problemas no contexto do Ambiente susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da Química (alguns destes problemas serão desenvolvidos no trabalho de projecto).

ANEXOS



(ver textos *Tecnologias e Sociedade* e *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental* no anexo I das fichas de trabalho nº1 e nº2)

Ficha de trabalho n.º 2

Recursos: Notícias: *"Poluição não afasta os banhistas no Areínho"* (excerto), *"Água: lei de combate à poluição causada pelos detergentes entra em vigor amanhã"* e *"Protesto contra poluição na Ria Formosa na abertura da feira de Parques Naturais"* (excerto)(anexo).

Tarefas:

1. Atente nas notícias apresentadas. Reflicta também sobre outras situações que lhe ocorram. Com base nesta reflexão, formule problemas de natureza química relacionados com águas.

2. Identifique critérios de poluição nas águas.

3. Descreva, sob o ponto de vista químico, os sistemas aquáticos referidos nas notícias apresentadas.

Ouça agora, com atenção, as informações que a sua professora lhe vai facultar.

4. Se necessário, reformule, complete e/ou corrija a sua resposta à questão 3, tendo em atenção os novos conhecimentos que adquiriu.

ANEXO

Poluição não afasta os banhistas no Areínho

Alfredo Teixeira

O espaço é agradável e um longo areal separa o rio Douro de uma zona verde onde foi criado um parque de merendas. Mais acima está um parque de campismo improvisado e um pequeno campo de jogos. É assim o Areínho, em Oliveira do Douro, em Gaia, uma praia fluvial poluída, cuja frequência é desaconselhada pelas autoridades sanitárias, mas que, mesmo assim, continua a atrair muita gente.



"É a praia dos tesos, é o nosso Algarve", diz Felicidade Silva, membro das famílias Ciclone e dos Sapos, alcunhas já conhecidas na praia devido ao facto de os seus 20 elementos a frequentarem há já quatro anos.

"Não trocamos esta pela do mar. Lá tem muita areia e entra nos tachos", diz a rir, e "a água não está nada poluída nem é perigoso tomar banho", diz José Silva (…).

Mas, nos últimos tempos, têm sido muitos os acidentes no Douro, tendo sido registadas várias mortes

Mas os Ciclone, que são de Gondomar, desvalorizam a falta de segurança e apenas fazem um reparo. As casas de banho são fechadas cedo. Abrem às 09.30 e encerram às 19.00. O que acontece é que os 20 elementos da família estão ali acampados durante mais de uma semana e de noite, afirmam, não têm onde satisfazer as necessidades fisiológicas.

Esta tarde a praia estará lotada. "É assim todos os domingos", refere Alfredo Moura, o patriarca dos Ciclone. "É uma romaria, parece a Senhora da Saúde." A comida é feita em fogareiros. Todos são "uma família" onde reina a boa disposição (…).

http://dn.sapo.pt/2006/07/23/tema/poluicao_afasta_banhistas_areinho.html (26-07-2006)

07-10-2005 - PUBLICO.PT

Água: lei de combate à poluição causada pelos detergentes entra em vigor amanhã

A partir de amanhã entra em vigor uma nova legislação europeia que pretende reforçar e simplificar o combate à poluição hídrica causada pelos detergentes.

A legislação passa agora a abranger todos os tipos de surfactantes usados nos detergentes. Estas substâncias podem ter efeitos tóxicos e dificultar o tratamento das águas residuais, alerta hoje a Comissão Europeia, em comunicado.

Além disso, a protecção ambiental e dos consumidores sai melhorada através de testes mais rigorosos às substâncias utilizadas nos detergentes. Até agora, dez por cento dos surfactantes não eram testados devido à falta de acordo quanto aos métodos.

Bruxelas considera ainda que os consumidores passam a ter mais informação, porque se torna obrigatório incluir nos rótulos todas as substâncias utilizadas nos detergentes e produtos de limpeza. A nova legislação exige também que os rótulos incluam indicações sobre quais as substâncias susceptíveis de causar alergias.

"A Comissão quer tornar a legislação mais simples. O comércio no mercado interno de detergentes será facilitado, ao mesmo tempo que progredimos na protecção do ambiente aquático e na saúde dos consumidores", comentou Gunter Verheugen, vice-presidente da Comissão.

Pela primeira vez, uma regulamentação sobre detergentes vai garantir a aplicação de exigências técnicas uniformes em todos os Estados membros. Bruxelas salienta também que esta legislação actualiza e alarga o âmbito das cinco directivas já existentes sobre a biodegradabilidade dos surfactantes nos detergentes.

www.publico.pt (27.07.2006)

27-07-2006 - PUBLICO.PT

Protesto contra poluição na Ria Formosa na abertura da feira de Parques Naturais

Mais de uma dezena de ambientalistas em protesto contra a poluição na Ria Formosa recebeu o presidente da Câmara de Olhão à chegada à I Feira Nacional de Parques Naturais e Ambiente, que hoje começou.

Os manifestantes, membros do movimento cívico "Avisar toda a Gente", que pretende alertar os cidadãos para a poluição existente na Ria Formosa, distribuíam panfletos redigidos sob o mote "A Ria Formosa está de luto".

O movimento é composto por cerca de cem elementos, na sua maioria viveiristas e mariscadores, e formou-se há cerca de sete meses, disse o biólogo José Graça, membro da organização.

A organização reivindica a construção de um emissário submarino que sirva toda a zona da ria, desde Cacela à Quinta do Lago, para evitar que mais descargas de esgotos sejam feitas no sistema lagunar.

Após um levantamento dos "pontos negros" da ria efectuado nos concelhos de Faro e Olhão em colaboração com a Universidade do Algarve, o movimento identificou e marcou as coordenadas de, pelo menos, 36 focos de poluição.

"Em trinta anos, a Câmara de Olhão praticamente não tem tratado os esgotos e a situação está cada vez pior", frisou José Graça, lembrando que a poluição traz, não só consequências ambientais, como socioeconómicas.

"Há cerca de 30 mil pessoas a trabalhar na ria e que dependem dela para viver e a poluição na ria, além de afectar a qualidade dos bivalves e do marisco provoca níveis de mortalidade elevados", observou.

Patrocinada pelo Instituto de Conservação da Natureza (ICN) e pela Câmara de Olhão - concelho onde se localiza a sede do Parque Natural da Ria Formosa -, a I Feira Nacional de Parques Naturais e Ambiente abriu hoje na zona ribeirinha de Olhão com uma centena de stands.

www.publico.pt (27.07.2006)

Ficha de trabalho n.º 3

Recursos: Texto *A Química é a ponte entre o mundo perceptível dos materiais e o mundo imaginário dos átomos* (anexo) e Parte I do protocolo do *Trabalho prático nº 1: Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio.*

Tarefas:

1. A 1ª parte do texto *A Química é a ponte entre o mundo perceptível dos materiais e o mundo imaginário dos átomos* (pág. 1-3) apresenta um resumo das etapas históricas fundamentais na evolução do conhecimento acerca da natureza da matéria.

   Leia-o com atenção e identifique essas etapas cronologicamente e descreva-as sucintamente.

2. Leia a 2ª parte do texto *A Química é a ponte entre o mundo perceptível dos materiais e o mundo imaginário dos átomos* (pág. 3-5) e responda:

   Quais são as entidades químicas responsáveis pela maior parte da massa dos átomos?

   Quais são as entidades químicas responsáveis pelo comportamento químico das substâncias?

   Quais são as entidades químicas responsáveis pela maior parte do volume dos átomos?

   Onde se localiza a maior parte da massa dos átomos?

3. Realize o *Trabalho prático nº 1*, após ter executado as tarefas propostas na Parte I no caderno de laboratório.

4. Relacione procedimento(s) e/ou pressuposto(s) do Trabalho prático nº 1 com especulação(ões) ou teoria(s) científica(s) expressa(s) no texto *A Química é a ponte entre o mundo perceptível dos materiais e o mundo imaginário dos átomos* (pág. 1-3) (veja resposta à tarefa 1).

ANEXO

A QUÍMICA É A PONTE ENTRE O MUNDO PERCEPTÍVEL DOS MATERIAIS E O MUNDO IMAGINÁRIO DOS ÁTOMOS.

A natureza da matéria: dos filósofos gregos a Dalton

Os Gregos reflectiram muito sobre a matéria e propuseram muitas hipóteses diferentes acerca da sua natureza. Algumas das suas sugestões estavam completamente erradas, mas mostraram um admirável espírito de questionamento.

Thales de Mileto (~500 a.C.) concluiu que a matéria era feita de *água*. **Heraclitus** de Éfeso (~540-475 a.C.) entendeu que, para além da *água*, era necessário um agente de mudança para justificar a variedade de materiais no mundo, tendo acrescentado o *fogo*.

Poucos anos mais tarde, o siciliano **Empédocles** (~492-432 a.C.) considerou que o estado sólido era difícil de obter somente a partir dos "elementos" *água*, *ar* e *fogo* e acrescentou a *terra*.

Entretanto, houve mais filósofos que também reflectiram sobre a natureza da matéria. Todas as suas conjecturas estavam completamente erradas, mas a ideia de que ***a complexidade é obtida da simplicidade*** foi um passo profundamente importante em termos conceptuais que ainda tem lugar no cerne da ciência moderna.

A suposição da existência de "elementos", ainda que com um sentido diferente do que hoje lhe é atribuído, fez surgir a questão: ***a matéria é contínua ou é discreta?*** Ou seja, podem os "elementos" ser divididos infinitamente em porções cada vez mais pequenas, ou a matéria é discreta, em que o cortar sucessivo leva a uma entidade indivisível, o **átomo**?

Atendendo à ausência, naquele tempo, de dados experimentais, foi a especulação que levou os Gregos a dividirem-se entre as duas ideias: a visão atómica e a visão anti-atómica.

A feliz especulação deve-se a **Leucippus** de Mileto (~450-420 a.C.), que considerou ***a matéria formada por corpúsculos, os átomos, que eram as entidades finais***

obtidas pela sua divisão. Considerou, ainda, a existência de uma grande variedade de formas e tamanhos de átomos, quase que havendo um átomo para cada material.

O livro "*Da natureza das coisas*", elaborado pelo romano **Tito Lucretius Carus** (~95-55 a.C.), divulgou a visão atómica da matéria e pode ser considerado como o primeiro livro de texto de Química-Física. Esteve perdido até ao século XV, mas quando foi encontrado estimulou mentes modernas a voltarem-se para o atomismo.

Aristóteles (384-322 a.C.) opôs-se fortemente ao atomismo e a sua visão poderosa do mundo dominou até e durante a Idade Média, "formatando" o que se passou na compreensão humana durante quase 2000 anos.

Todas as conjecturas defensoras do atomismo e do anti-atomismo eram especulações filosóficas e não ciência.

Foi nas mãos de **Lavoisier** (1743-94), que é considerado o pai da química moderna, que se entrou nas "profundezas do mistério da matéria". ***Usando uma balança, Lavoisier atribuiu números à matéria e conduziu as reacções químicas ao domínio da aritmética.*** Em particular, a balança foi usada para determinar as massas das substâncias que reagiam entre si. Como resultado, começaram a emergir modelos (regularidades) dos dados experimentais.

O modelo das massas das substâncias que se combinam foi o embrião que se desenvolveu e que deu origem à *hipótese atómica* de **Dalton** (1766-1844), publicada em 1807. A sua hipótese era a de que ***a matéria consistia em átomos que não se podem criar nem destruir, que todos os átomos de um dado elemento são idênticos e que numa reacção química os átomos trocam, simplesmente, de "companheiros"***. Dalton inferiu a existência de átomos a partir das regularidades nas massas das substâncias que se combinavam entre si.

O seu conceito crucial foi o de que ***cada átomo tem uma massa característica***, e de que ***a balança é apenas um observador das transformações de massa que ocorrem quando os átomos trocam de "companheiros".***

Este é o passo em que ***um conceito ao nível submicroscópico é relacionado com uma propriedade macroscópica, observável.*** A maior parte da física e da química modernas é uma elaboração de passos como o anterior, em que o que se observa é interpretado em termos do que se imagina, e medições feitas à escala humana são interpretadas em termos de entidades biliões de vezes mais pequenas.

Ao contrário das especulações dos Gregos acerca da natureza atómica da matéria, as considerações de ***Dalton*** *eram uma teoria científica, ou seja, eram observações baseadas na experimentação aliadas à racionalização.*

Técnicas modernas de observação já demonstraram que não há dúvidas quanto à existência de átomos na matéria, ou seja, quanto à sua natureza corpuscular.

O que são átomos? De que são feitos?

Dalton, tal como os filósofos gregos, presumiam que os átomos eram indivisíveis e que, por isso, nenhum átomo poderia ser dividido em componentes mais pequenos.

Mas, se assim fosse, como explicar a grande variedade de propriedades apresentadas pelos materiais?

Foi **Thomson** (1856-1940) quem, em 1897, descobriu a existência de partículas ***mais pequenas do que os átomos*** e ***carregadas negativamente***, que se obtiveram a partir daqueles – os **electrões**. Foram as primeiras partículas subatómicas a serem identificadas.

O trabalho de Thomson mostrou que os electrões eram um constituinte universal de toda a matéria e que, por consequência, os ***átomos tinham uma constituição interna***.

As considerações acerca do arranjo espacial dos electrões nos átomos causaram uma grande perplexidade, já que não havia nenhuma informação acerca da existência de partículas com carga positiva para contrabalançar a carga negativa dos electrões.

Até que **Rutherford** (1871-1937) deu conta da existência do **núcleo**, uma ***partícula diminuta carregada positivamente***, situada no ***centro do átomo***, e que, apesar de ser muito mais pequena do que o átomo, era ***detentora de grande parte da massa do átomo***.

À luz dos conhecimentos actuais, sabe-se que um ***átomo*** típico tem um diâmetro de cerca de **3×10^{-9} m** (ou 3 nm). Portanto, uma fila formada por um milhão (10^6) destes átomos atingiria 3 mm de comprimento!!

No entanto, os átomos são grandes! Eles têm de o ser, pois têm tantas coisas dentro deles! A maioria das pessoas pensa que os átomos são muito pequenos, mas isto é só porque nós somos muito grandes: temos de o ser, pois há tantas coisas dentro de nós!

Quanto ao ***núcleo***, também ele é muito grande, pois tem tantas coisas dentro dele! No entanto, o diâmetro de um núcleo é cerca de **1 x 10^{-4} do de um átomo**.

Portanto, para nós, os núcleos são de facto entidades muito pequenas; são-no ainda mesmo quando comparadas com o tamanho dos átomos. Já para um físico nuclear, que precisa de reflectir sobre a composição do núcleo, os núcleos são muito grandes!!

É no ***núcleo*** que se localiza a **carga positiva do átomo**, que cancela a carga negativa dos electrões que o circundam.

É lá também que se localiza **grande parte da massa do átomo**, sendo a massa dos electrões responsável por < 0,1 % da massa de qualquer corpo. Se todos os átomos do nosso corpo pudessem abandonar os seus núcleos, nós só pesaríamos cerca de 20 g!

Uma outra propriedade menos conhecida dos ***núcleos*** é que **muitos rodam sobre os seus eixos**, mas outros não. Por exemplo, os núcleos do hidrogénio e do azoto rodam; os núcleos do carbono e do oxigénio não rodam.

No início do século XX, tornou-se claro que o electrão não foi a **primeira partícula subatómica a ser descoberta**. A primeira já era conhecida, mas não reconhecida como tal, há mais de um século.

Tratava-se do **núcleo do átomo de hidrogénio**, o mais simples de todos os átomos, que consiste numa única partícula subatómica, o **protão**.

(Esta partícula é a entidade responsável pelas propriedades dos ácidos. Quando se prova sumo de limão, a nossa língua está de facto a ser um bom detector de protões).

O ***protão*** é uma partícula pesada com uma **carga igual**, mas de **sinal oposto, à dos electrões**. A sua **massa** é cerca de **2000 vezes superior à de um electrão**.

O átomo de hidrogénio consiste num protão e num electrão, em que a carga positiva do núcleo é cancelada pela carga negativa do electrão.

O átomo mais simples, a seguir ao do hidrogénio, é o do hélio, com 2 protões e dois electrões, mas que possui também outra partícula subatómica: o **neutrão**. Esta partícula **existe em todos os núcleos**, excepto no do hidrogénio, **não possui carga** eléctrica, e tem uma **massa aproximada à do protão**. Protões e neutrões são as

entidades responsáveis pela massa dos núcleos e, portanto, por grande parte da massa da matéria.

O nº de protões num núcleo atómico é designado de **número atómico** do elemento. Como todos os átomos são electricamente neutros, o nº de electrões presentes tem de ser igual ao nº atómico.

Naquela época, a constatação de que os ***núcleos de um elemento podiam ser representados por um número*** e que ***esse número podia ser interpretado em termos da composição dos núcleos***, significou que, pelo menos, uma listagem dos elementos podia ser feita. Assim, por exemplo, poderia especular-se acerca da existência de um novo elemento entre dois outros, se os seus números atómicos fossem contíguos.

Os **números atómicos** passaram a poder ser **determinados experimentalmente** por uma técnica desenvolvida por **Moseley** (1887-1915), pouco antes deste ter sido recrutado para a guerra e atingido mortalmente por uma bala.

O arranjo exacto dos electrões à volta dos núcleos continuava a ser um problema.

Como já vimos, a totalidade da massa do átomo é devida ao diminuto núcleo central, em que o espaço à sua volta, com um diâmetro cerca de 10000 vezes maior do que o seu, está ocupado pelos electrões.

O nosso corpo é, essencialmente, este espaço “quase vazio”.

Este “vazio” extranuclear é o que determina a “personalidade” de um elemento. Enquanto que o núcleo é um espectador passivo, responsável somente por ordenar os electrões à sua volta, um “centro de controlo”, os electrões que ocupam o espaço “quase vazio” são os participantes nas reacções químicas.

(Extraído e adaptado do livro *Galileo’s Finger* de Peter Atkins, 2002)

Ficha de trabalho n.º 4

Recursos: Notícias: *"O acidente do Nautila: um final «feliz»"* (adaptado) e *"Cenário negro"* (excerto) (anexo).

Tarefas:

Leia as notícias sobre o afundamento do cargueiro *Nautila* e do petroleiro *Prestige*.

1. As duas notícias referem-se ao afundamento de dois navios e ao derramamento, nas águas do Oceano Atlântico, das substâncias que transportavam. Indique duas diferenças entre as substâncias derramadas.

> Pense numa diferença em termos dos efeitos ambientais causados e noutra em termos do respectivo comportamento em meio aquoso.

2. Reflicta e discuta acerca dos conhecimentos de Química necessários à explicação da diferença de comportamentos em meio aquoso das duas substâncias em causa.

Ouça agora, com atenção, as informações que a sua professora lhe vai facultar.

3. Explique a diferença de comportamentos em meio aquoso das duas substâncias derramadas.

ANEXO

(ver textos *"O acidente do Nautila: um final «feliz»"* e *"Cenário negro"* no anexo I da ficha de trabalho nº4)

Ficha de trabalho n.º 5

Recursos:

Conjunto de imagens (anexo).

Texto *Informações acerca de processos químicos relevantes em problemas ambientais* (anexo).

Tarefas:

1. Observe atentamente as imagens. Agrupe as imagens de forma a que, em cada grupo formado, se possam estabelecer relações de causa-efeito.

2. Relacione cada grupo de imagens da tarefa 1 com problemas ambientais à escala regional/global.

3. Leia atentamente o texto fornecido.

Escreva as equações das reacções químicas que pensa que ocorrem e que estão na origem de cada problema ambiental que citou na tarefa 2.

ANEXOS



Informações acerca de processos químicos relevantes em problemas ambientais (a elaborar)

ANEXO VIII

Trabalhos Laboratoriais (segunda fase do estudo)

Trabalho Laboratorial nº1 – *DETERMINAÇÃO DA FÓRMULA EMPÍRICA DO ÓXIDO DE MAGNÉSIO*

(ver trabalho laboratorial nº3 do anexo III)

Trabalho Laboratorial nº2 – *PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES AQUOSAS CONHECENDO PREVIAMENTE AS CONCENTRAÇÕES A OBTER*

(ver trabalho laboratorial nº1 do anexo III)

Trabalho Laboratorial nº3 – *DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DO IÃO FOSFATO (PO_4^{3-}) EM ÁGUAS*

(ver trabalho laboratorial nº2 do anexo III)

TRABALHO PRÁTICO Nº 4

PREVISÃO/OBSERVAÇÃO/EXPLICAÇÃO DA MISCIBILIDADE DE LÍQUIDOS EM SISTEMAS BINÁRIOS

TAREFAS

1. **Preveja** a miscibilidade de cada uma das 5 substâncias do quadro I com cada uma das restantes 4 e registe sucintamente as suas previsões neste quadro. **Justifique** as suas respostas.

	Água	Etanol	Etilenoglicol	Éter dietílico	n-Pentano
Água	–				
Etanol		–			
Etilenoglico			–		
Éter				–	
n-Pentano					–

Quadro I – Previsão da miscibilidade de cada par de substâncias.

Nota: Água – $H_2\ddot{O}$ Etanol – $CH_3CH_2\ddot{O}H$ Etilenoglicol – $H\ddot{O}CH_2CH_2\ddot{O}H$

Éter dietílico – $CH_3CH_2\ddot{O}CH_2CH_3$ n-Pentano – $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

2. Realize os testes de solubilidade de acordo com o quadro II e registe as suas **observações** neste quadro.

	Água	Etanol	Etilenoglicol	Éter dietílico	n-Pentano
Água	–				
Etanol		–			
Etilenoglicol			–		
Éter dietílico				–	
n-Pentano					–

Quadro II – Observações dos testes de solubilidade realizados.

3. **Explique** os resultados obtidos, ou seja, confronte os resultados obtidos nos testes de solubilidade com os resultados previstos.

Trabalho Laboratorial nº 5 – *DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO NUMA "CHUVA ÁCIDA"*

(ver trabalho laboratorial nº4 do anexo III)

ANEXO IX

Fichas Teórico-práticas (segunda fase do estudo)

1. A QUÍMICA, O HOMEM E A TERRA

1. Leia atentamente o texto *Tecnologias e Sociedade* (fornecido nas aulas) e responda às questões seguintes:

a) Destaque, sublinhando, **5** frases ou trechos do texto onde haja referências claras à tecnologia/avanços tecnológicos. Identifique-os com a letra **T**.

b) Destaque, sublinhando, **5** frases ou trechos do texto onde haja referências claras a efeitos da tecnologia na sociedade. Identifique-os com a expressão **T→S**.

c) Destaque, sublinhando, **1** frase ou trecho do texto onde haja referências claras a efeitos da tecnologia na ciência. Identifique-o com a expressão **T→C**.

d) Destaque, sublinhando, **2** frases ou trechos do texto onde encontre expressas relações entre a tecnologia e a sociedade (ou seja, nos dois sentidos). Identifique-os com a expressão **T↔S**.

e) Descreva uma situação, relacionada com o tema do texto, em que sejam claras as inter-relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente.

2. Muitos dos problemas ambientais têm origem antropogénica (i.e., na actividade humana), particularmente devido a usos que a sociedade faz da ciência e da tecnologia. Indique 3 casos concretos de avanços científicos e/ou tecnológicos que estejam na origem de problemas ambientais e descreva, sucintamente, estas relações em cada exemplo.

3. Leia atentamente o texto *Diferentes Alternativas à Problemática Ambiental* (fornecido nas aulas). Considere agora três situações (A, B e C) susceptíveis de terem ocorrido num país do Continente Africano:

A) A caça massiva do elefante africano;

B) A total proibição da caça massiva do elefante africano;

C) A permissão da captura do elefante africano para limitar o seu número e fomentar a utilização da sua carne, da sua pele e dos seus dentes.

a) Com que modelos de desenvolvimento se podem comparar cada uma das três situações referidas?

b) Especule quanto a consequências ambientais decorrentes de cada uma das três situações referidas.

4. Leia o texto fornecido sobre o projecto de gestão de resíduos de embalagens e de medicamentos fora de uso (Anexo1), desenvolvido pela empresa VALORMED. De seguida, responda às questões:

a) Transcreva um extracto do texto onde esteja claro que, actualmente, ainda se pratica o modelo de desenvolvimento de exploração incontrolada. Explique.

b) Dê um exemplo de inter-relações entre a sociedade, a ciência, a tecnologia e o ambiente implícitas neste projecto.

5. Qual o papel (ou papéis) que lhe parece que a Química, como ciência, desempenha na problemática ambiental?

6. A partir do século XVIII, ocorreu uma transformação irreversível na sociedade, que mudou as condições de vida das populações e iniciou a exploração intensiva dos recursos fósseis e minerais. A que acontecimento se refere esta afirmação?

ANEXO 1

Porquê a criação de um Sistema Integrado de Recolha de Embalagens e Medicamentos fora de uso?

A gestão adequada de resíduos é um desafio inadiável para as sociedades modernas.
Cada ser vivo necessita de uma quantidade mínima de espaço natural para sobreviver, espaço que corresponde à "Pegada Ecológica" de cada um de nós.
O aumento da população mundial e as crescentes necessidades da sociedade de consumo, levam a que a taxa de consumo de "capital natural" já é superior à sua taxa de reposição, pelo que as práticas agressivas ao ambiente têm de terminar.

Temos de viver de acordo com o que a Terra pode fornecer e não com o que gostaríamos que fornecesse...

Mas qual a ligação entre os Medicamentos e o Ambiente?
É que as embalagens de medicamentos e os medicamentos fora de uso são um resíduo, que deve ser devidamente tratado, tal como os outros resíduos sólidos urbanos, para minimização do impacto ambiental.

Conscientes da especificidade do medicamento mesmo enquanto resíduos, a Indústria Farmacêutica, responsável pela gestão dos resíduos de embalagens que coloca no mercado, associou-se aos restantes intervenientes da "fileira do medicamento" - Distribuidores e Farmácias - e criaram a VALORMED Sociedade responsável pela gestão dos resíduos de embalagens e medicamentos fora de uso.

Porquê um sistema autónomo para os resíduos de medicamentos?

Porque a especificidade do medicamento aconselha a que exista um processo de recolha seguro, evitando-se, por razões de saúde pública, que os resíduos de medicamentos não estejam "acessíveis" como qualquer outro resíduo urbano.

Procura-se ainda que, por razões ambientais, os resíduos de medicamentos não contaminem os resíduos urbanos, prejudicando a valorização desses resíduos quer na componente compostável (*), quer nos materiais objecto de reciclagem.(**)

Assim, a experiência da Indústria Farmacêutica em matéria de produção, embalagem e acondicionamento de medicamentos, associada à logística operacional garantida pelos Distribuidores, é potenciada com a adesão de mais de 2.300 Farmácias, como locais de recolha e de aconselhamento ao público, o que tem vindo a ser feito com grande empenho por parte da classe farmacêutica.

Está assim criado um Sistema, gerido pela VALORMED, com enormes mais valias em termos ambientais.

Em 2003 foram recolhidas e sujeitas a valorização energética 365 toneladas - 1 tonelada/dia - de resíduos de embalagens e medicamentos.

Embora o Sector do Medicamento represente menos de 0,5% dos Resíduos Sólidos Urbanos, o projecto VALORMED justifica-se em termos de saúde pública e ambiental.

Os cuidados especiais exigidos na manipulação dos medicamentos aconselham a que os respectivos resíduos tenham um sistema seguro de recolha, em contentores devidamente identificados e invioláveis, destinados à valorização energética, ou seja, através do sistema de incineração os resíduos contribuem para a produção de energia, não sendo um simples sistema de eliminação de resíduos.

(*) Compostagem o que é?
Trata-se de um processo de transformação de resíduos que permite qe 3kg de matéria orgânica originem 1 kg de fertilizante de boa qualidade...
Anualmente uma família média "deita fora" cerca de 500kg de restos de comida...

(**) Reciclar o que é?
Trata-se de um processo de reutilização dos materiais.
Sabia que a energia produzida pela reciclagem de uma garrafa de vidro de 1 litro, é suficiente para manter acesa uma lâmpada de 100 watts durante 4 horas?

2. ÁTOMOS, MOLÉCULAS E IÕES

1. As massas atómicas do ^{35}Cl (75,53 %) e do ^{37}Cl (24,47 %) são, respectivamente, 34,968 u e 36,956 u. Calcule a massa atómica média do cloro. (As percentagens dentro dos parênteses representam as abundâncias relativas dos isótopos).

2. As massas atómicas do ^{6}Li e do ^{7}Li são, respectivamente, 6,0151 u e 7,0160 u. Calcule as abundâncias naturais destes isótopos, sabendo que a massa atómica média do lítio é 6,941 u.

3. Indique o número de protões e electrões nos seguintes iões:

a) Ca^{2+} **b)** F^{-} **c)** S^{2-} **d)** Al^{3+}

4. Considere a tabela seguinte, que contém o n.º de electrões, protões e neutrões de algumas partículas (átomos ou iões):

	A	B	C	D	E	F	G
n.º electrões	5	10	18	28	36	5	9
n.º protões	5	7	19	30	35	5	9
n.º neutrões	5	7	20	36	46	6	10

a) Quais são as partículas neutras?

b) Quais são as partículas com carga positiva?

c) Quais são as partículas com carga negativa?

d) Escreva os símbolos químicos e as cargas de todas as partículas.

5.

a) Qual a massa em gramas de 13,2 u?

b) Quantos átomos existem em 5,10 mol de enxofre (S)?

c) Quantas moles de átomos de Ca existem em 77,4 g de cálcio?

d) Calcule a massa, em gramas, de um só átomo dos elementos:

i) Hg **ii)** Ne **iii)** As **iv)** Pb

e) Quantos átomos de Cu existem em 3,14 g deste metal?

6. Uma amostra de um composto com 152 g de massa contém 0,372 moles. Qual é a sua massa molar? E a sua massa molecular?

7. Considere 1,50 g de glicose ($C_6H_{12}O_6$).

a) A quantas moles de glucose corresponde?

b) Quantos átomos de cada um dos elementos existem nessa massa de glucose?

8. A densidade de água é 1,00 g/mL a 4 ºC. Quantas moléculas de água existem em 2,56 mL de água a esta temperatura?

9. Indique em qual dos seguintes casos é maior a massa de cloro:

a) 5,0 g de Cl_2.

b) 60,0 g de $NaClO_3$.

c) 0,10 mol de KCl

10. Diga, das substâncias seguintes:

SO_2 S_8 Cs N_2O_5 He O_2 O_3 CH_4 KBr P_4 LiF

quais:

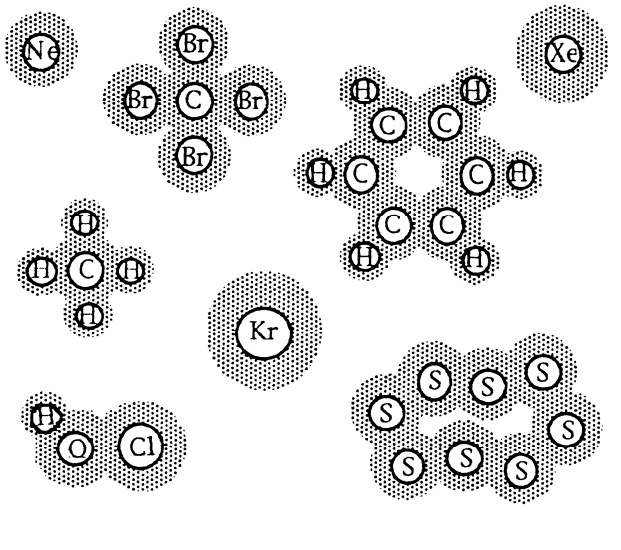
a) Possuem moléculas, mas não são compostos;

b) São compostos, mas não possuem moléculas;

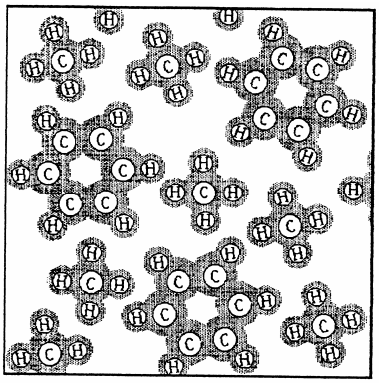
c) Possuem moléculas e são compostos;

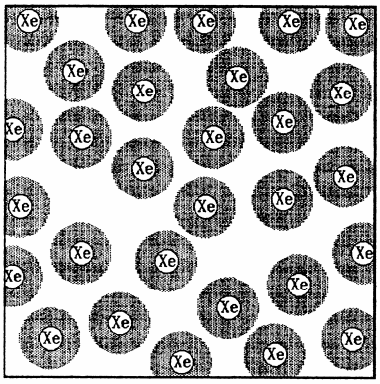
d) São substâncias elementares.

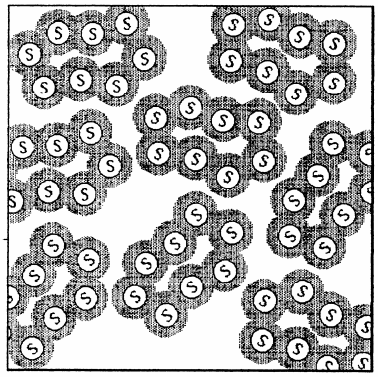
11. Considere as representações seguintes de diferentes moléculas ou átomos:

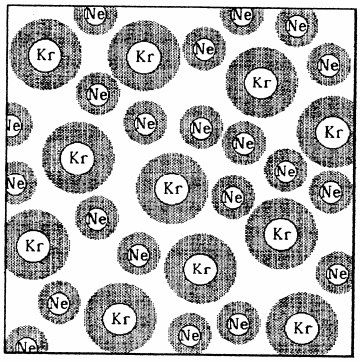


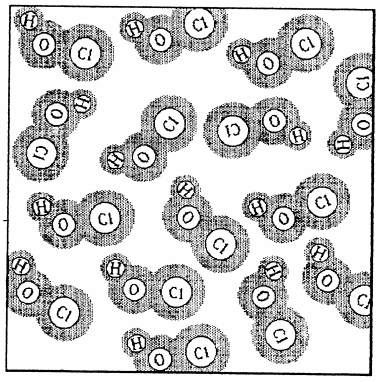
Os diagramas que se seguem ilustram as unidades básicas constituintes (moléculas e/ou átomos) de alguns materiais. Para cada diagrama, especifique o tipo de matéria a que corresponde e justifique.











SOLUÇÕES: Átomos, moléculas e iões

1. 35,45 u

2. ^{6}Li - 7,09 % ^{7}Li - 92,91 %

3.

a) 20 protões e 18 electrões
b) 9 protões e 10 electrões
c) 16 protões e 18 electrões
d) 13 protões e 10 electrões

4.

a) A, F e G
b) C e D
c) B e E
d) A: $^{10}_{5}B$ B: $^{14}_{7}N^{3-}$ C: $^{39}_{19}K^{+}$ D: $^{66}_{30}Zn^{2+}$

E: $^{81}_{35}Br^{-}$ F: $^{11}_{5}B$ G : $^{19}_{9}F$

5.

a) 2,19 x 10^{-23} g
b) 3,07 x 10^{24} átomos
c) 1,93 mol
d) Hg: 3,330 x10^{-22} g Ne: 3,351x10^{-23} g As: 1,244x10^{-22} g
Pb: 3,440 x 10^{-22} g
e) 2,98 x 10^{22} átomos

6. 409 g/mol 409 u

7.

a) 8,33x10^{-3} mol
b) 6,02 x 10^{22} átomos de H 3,01 x 10^{22} átomos de C e O

8. 8,56 x 10^{22} moléculas

9. b)

Ficha teórico-prática nº 3 – NOTAÇÃO CIENTÍFICA E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

(ver ficha teórico-prática nº 1 do anexo IV)

4. FÓRMULAS MOLECULARES E EMPÍRICAS

1. Determine as fórmulas empíricas dos compostos com as seguintes composições:

a) 2,1 % H; 65,3 % O; 32,6 % S

b) 20,2 % Al; 79,8 % Cl

c) 40,1 % C; 6,6 % H; 53,3 % O

d) 18,4 % C; 21,5 % N; 60,1 % K

2. O álcool cinâmico, muito usado em perfumaria, tem a fórmula molecular $C_9H_{10}O$.

a) Calcule a composição, em percentagem, deste álcool.

b) Quantas moléculas de álcool cinâmico existem numa amostra com 0,469 g?

3. A análise do cloreto de um metal X, cuja fórmula é XCl_3, mostrou que ele contém 67,2 %, em massa, de cloro. Calcule a massa atómica de X e identifique o elemento.

4. A mioglobina armazena nos músculos o oxigénio utilizado nos processos metabólicos. A análise química deste composto mostra que ele contém 0,34 %, em massa, de Fe. Calcule a massa molar da mioglobina, partindo do princípio que uma molécula contém um só átomo de ferro.

5. Uma amostra com $7,5 \times 10^{20}$ moléculas de ciclo-hexano contém $4,5 \times 10^{21}$ átomos de carbono e $9,0 \times 10^{21}$ átomos de hidrogénio. Determine a fórmula molecular e empírica deste composto.

6. Provoca-se a combustão de 0,25 moles de um hidrocarboneto, obtendo-se 0,50 moles de CO_2 e 0,50 moles de H_2O. Determine a fórmula molecular e empírica do hidrocarboneto.

7. Determine a fórmula empírica dos seguintes compostos:

a) Agente de branqueamento: 30,9 % Na, 21,5 % O e 47,6 % Cl

b) Combustível de avião: 40,0 % C, 13,4 % H e 46,6 % N

c) Cocaína: 67,30 % C; 6,930 % H, 21,15 % O e 4,62 % N

8. A composição em massa de determinado gás é 30,4 % de azoto e 69,6 % de oxigénio. A sua massa molar é 92,0 g/mol.

a) Determine a sua fórmula empírica.

b) Determine a respectiva fórmula molecular.

9. A combustão de 0,5707 mg de um determinado hidrocarboneto (composto formado por C e H) produz 1,759 mg de CO_2. Determine a fórmula empírica deste.

10. Queimaram-se 46 g de álcool tendo-se obtido 88 g de CO_2 e 54 g de H_2O. Determine a fórmula empírica deste álcool.

SOLUÇÕES: Fórmulas moleculares e empíricas

1.

a) H_2SO_4
b) $AlCl_3$
c) CH_2O
d) KCN

2.

a) 80,55 % C 7,53 % H 11,92 % O
b) 2,10 x 10^{21} moléculas

3. 51,9 u Cr

4. 1,6 x 10^4 g/mol

5. C_6H_{12} CH_2

6. C_2H_4 CH_2

7.

a) NaClO
b) CH_4N
c) $C_{17}H_{21}O_4N$

8.

a) NO_2
b) N_2O_4

9. C_4H_9

10. C_2H_6O

Ficha teórico-prática nº 5 – CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÕES

(ver ficha teórico-prática nº 4 do anexo IV)

6. LIGAÇÃO QUÍMICA, ESTRUTURA E GEOMETRIA MOLECULAR

1. Represente as espécies químicas seguintes usando a notação de Lewis:

a) Al **b)** Al^{3+} **c)** N **d)** P **e)** S^{2-} **f)** Mg^{2+}

g) N^{3-} **h)** Ca^{2+} **i)** P^{3-} **j)** O^{2-}

2.

a) Utilize a notação de Lewis para ilustrar a formação dos seguintes compostos:

i) cloreto de hidrogénio **ii)** fluoreto de magnésio **iii)** hidreto de cálcio
iv) nitreto de cálcio **v)** óxido de magnésio **vi)** tricloreto de fósforo
vii) óxido de lítio **viii)** dióxido de carbono **ix)** água

b) Para cada alínea, indique o tipo de ligação química estabelecida em cada composto e o tipo de composto formado. Justifique adequadamente as suas respostas.

3. Diga que tipo de ligação química se estabelece entre os átomos dos seguintes elementos (justifique adequadamente as suas respostas):

a) Na e Cl **b)** P e H **c)** Br **d)** K

4. Classifique as seguintes substâncias como compostos iónicos, compostos covalentes moleculares ou compostos covalentes de estrutura tridimensional, justificando convenientemente:

a) CH_4 **b)** KF **c)** SiO_2 **d)** $MgCl_2$ **e)** C(diamente)

5.

a) Represente as espécies químicas seguintes com estruturas de Lewis (quando necessário, calcule as cargas formais dos átomos):

i) CH_4 **ii)** H_2O **iii)** XeF_2 **iv)** NH_3 **v)** NH_4^+
vi) PH_3 **vii)** BeH_2 **viii)** IF_5 **ix)** OF_2 **x)** SO_2
xi) BF_3 **xii)** CH_3Br **xiii)** ClCN x**iv)** ClO_4^- **xv)** CH_2O
xvi) BrF_3 **xvii)** SF_4 **xviii)** O_2^{2-} x**ix)** NO_2^-

b) Para cada uma das espécies da alínea 5. a), indique:

- o nº estéreo do átomo central;
- a geometria dos pares electrónicos de valência;
- o nº de pares não-ligantes do átomo central;
- a forma geométrica da molécula;
- o seu carácter polar ou apolar, quando aplicável.

6. Desenhe três estruturas de ressonância plausíveis para o OCN^- e CO_3^{2-}.

7. Utilize o modelo RPECV para prever a geometria das seguintes moléculas:

a) PCl_3 **b)** $CHCl_3$ **c)** SiH_4 **d)** PCl_5

8. Considere as seguintes moléculas:

a) CBr_4 **b)** XeF_4 **c)** ClF_5

Para cada uma delas indique:

- o nº estéreo do átomo central;
- a geometria dos pares electrónicos de valência;
- o nº de pares não-ligantes do átomo central;
- a forma geométrica da molécula;
- o seu carácter polar ou apolar.

9. Ordene as seguintes moléculas por ordem crescente do momento dipolar:

H_2O; H_2S; H_2Te; H_2Se

10. Faça um esboço dos momentos dipolares das ligações e dos momentos dipolares resultantes para as seguintes moléculas:

a) H_2O **b)** PCl_3 **c)** CH_4 **d)** PCl_5 **e)** SF_6

7. FORÇAS INTERMOLECULARES

1. Indique os tipos de forças intermoleculares que existem (caso se aplique) entre as unidades básicas das substâncias seguintes:

a) LiF

b) CH_4

c) SO_2

2. Quais são as forças intermoleculares que se estabelecem entre as unidades básicas constituintes das espécies químicas seguintes?

a) HBr e H_2S

b) Cl_2 e CBr_4

c) I_2 e NO_3^-

d) NH_3 e C_6H_6

3. Indique quais destas espécies podem formar ligações de hidrogénio com a água:

CH_3OCH_3 CH_4 F^- HCOOH Na^+

4. Quais das seguintes espécies são capazes de formar ligações de hidrogénio entre si?

H_2S C_6H_6 CH_3OH

5. As substâncias Br_2 e ICl têm o mesmo n.º total de electrões, contudo o Br_2 funde a -7,2 ºC enquanto que o ICl funde a 27,2 ºC. Explique porquê.

6. Para cada par de substâncias seguintes, indique a que pensa ter maior ponto de ebulição. Justifique.

a) Ne e Xe

b) CO_2 e CS_2

c) CH_4 e Cl_2

d) F_2 e LiF

e) NH_3 e PH_3

f) O_2 e H_2S

g) Etanol (CH_3CH_2OH) e éter dimetílico (CH_3OCH_3)

7. A ligação de hidrogénio no HF é mais forte que na H_2O. Como explica que o ponto de ebulição da água seja mais elevado do que o do HF?

M_r (H_2O) = 18; p.e. = 100,0 ^oC

M_r (HF) = 20; p.e. = 19,4 ^oC

8. Indicar, em cada par das seguintes substâncias, qual espera ser mais solúvel em água.

a) C_2H_6 ou C_3H_8

b) KCl ou CCl_4

c) CH_3COOH ou $CH_3CH_2CH_2COOH$

d) H_2 ou H_2O_2

e) CH_3F ou CH_3I

f) $(C_3H_7)_3N$ ou $(CH_3)_3N$

8. EQUILÍBRIOS DE ÁCIDO-BASE

1. Calcule as concentrações em mol/L de todas as espécies químicas existentes numa solução aquosa 0,150 mol/L em $HClO_4$.

2. Calcule $[Ca^{2+}]$, $[OH^-]$ e $[H_3O^+]$ numa solução preparada por dissolução de 0,60 g de $Ca(OH)_2$ em água até perfazer o volume de 1 litro de solução.

3. Calcule o pH e o pOH de uma solução preparada por dissolução de 2,00 g de KOH em água, até um volume final de 0,500 L.

4. Calcule o pH de uma solução $1,0 \times 10^{-8}$ mol/L de HCl.

5. O pH do sangue tem o valor praticamente constante de 7,4. Calcule as molaridades de H_3O^+ e OH^- no sangue, a 25 ºC.

6. O pH de uma solução aquosa $1,00 \times 10^{-2}$ mol/L de $HC_2H_3O_2$ é 3,39 a 25 ºC. Calcule o valor de K_a do ácido acético a esta temperatura.

7. O valor de K_a do ácido benzóico em água e a 25 ºC é $6,46 \times 10^{-5}$. Calcule o valor do pH de uma solução aquosa 0,020 mol/L de $HC_7H_5O_2$.

8. Calcule o pH de uma solução 0,040 mol/L de um monoácido (HA) cuja constante de acidez, K_a, é igual a 0,10 a 25 ºC.

9. Sabendo que o pH de uma solução 0,50 mol/L da base fraca etilamina ($C_2H_5NH_2$) é 12,20, determine o valor de K_b para esta base.

10. Preveja o que acontece ao sistema:

$$HC_7H_5O_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + C_7H_5O_2^-(aq) \qquad \Delta H = 0$$

quando:

a) Há evaporação de água da solução,a temperatura constante;

b) Diminui a temperatura da solução;

c) Se adiciona $KC_7H_5O_2$ à solução;

d) Se adiciona NH_3 à solução;

e) Se adiciona HCl à solução.

11. Dadas as constantes de acidez dos seguintes ácidos:

$HC_3H_5O_2$	$K_a = 1{,}46 \times 10^{-9}$
HF	$K_a = 6{,}76 \times 10^{-4}$
NH_4^+	$K_a = 5{,}7 \times 10^{-10}$
$H_2PO_4^-$	$K_a = 6{,}32 \times 10^{-8}$

a) Identifique as respectivas bases conjugadas.

b) Calcule as suas constantes de basicidade, K_b.

12. Dadas as constantes de basicidade das seguintes bases:

C_5H_5N	$K_b = 1{,}46 \times 10^{-9}$
CN^-	$K_b = 2{,}09 \times 10^{-5}$
CNO^-	$K_b = 4{,}57 \times 10^{-11}$
HS^-	$K_b = 1{,}10 \times 10^{-7}$

a) Identifique os respectivos ácidos conjugados.

b) Calcule as suas constantes de acidez, K_a.

13. Diga, justificando, se as soluções aquosas dos seguintes sais são ácidas, básicas ou neutras:

a) NH_4Br **b)** $NaNO_3$ **c)** $KHSO_4$ **d)** $NaHCO_3$

14. O hipoclorito de sódio é um agente branqueador. Calcule o pH e [HClO] numa solução 0,030 M de NaClO.

15. Calcule o valor do pH no ponto de equivalência das seguintes titulações:

a) 25,0 mL de solução de $HC_2H_3O_2$ 0,200 M com solução de NaOH 0,200 M.

b) 50,0 mL de solução de NH_3 0,150 M com solução de HBr 0,150 M.

16. Calcule o pH de uma solução 0,15 M em ácido fórmico (HCOOH) e 0,25 M em formato de sódio (NaCOOH).

17. Calcule o pH das seguintes soluções tampão:

a) 0,10 M em NH_4Cl e 0,10 M em NH_3.

b) 1,00 M em NH_4Cl e 1,00 M em NH_3.

18. Calcule as concentrações de todas as espécies químicas existentes numa solução 0,10 M em H_2S.

DADOS:

M_r (KOH) = 56,11	M_r ($Ca(OH)_2$) = 74,10	K_a (HCN) = 4,9 x 10^{-10}
K_a (HCNO) = 2,19 x 10^{-4}	K_a (HNO_2) = 4,47 x 10^{-4}	K_b (NH_3) = 1,77 x 10^{-5}
K_a (HCO_3^-) = 4,72 x 10^{-11}	K_a (H_2CO_3) = 4,3 x 10^{-7}	K_a ($HC_2H_3O_2$) = 1,75 x 10^{-5}
K_a (HCOOH) = 1,76 x 10^{-4}	K_a (H_2S) = 6,3 x 10^{-8}	K_a (HS^-) = 1,00 x 10^{-14}
K_a (HClO) = 3,2 x 10^{-8}	K_a ($H_2C_2O_4$) = 6,5 x 10^{-2}	K_a ($HC_2O_4^-$) = 6,1 x 10^{-5}

SOLUÇÕES: Equilíbrios ácido-base

1. $[H_3O^+]$ = 0,150 mol/L $[ClO_4^-]$ = 0,150 mol/L $[OH^-]$ = 6,67 x 10^{-14} mol/L

2. $[Ca^{2+}]$ = 8,1 x 10^{-3} mol/L $[OH^-]$ = 1,6 x 10^{-2} mol/L $[H_3O^+]$ = 6,2 x 10^{-13} mol/L

3. pOH = 1,15 pH = 12,9

4. pH = 6,98

5. $[H_3O^+]$ = 4,0 x 10^{-8} mol/L $[OH^-]$ = 2,5 x 10^{-7} mol/L

6. K_a = 1,73 x 10^{-5}

7. pH = 2,9

8. pH = 1,5

9. K_b = 5,2 x 10^{-4}

10.

a) ⇦ **b)** Não há deslocamento **c)** ⇦ **d)** ⇨ **e)** ⇦

11.

a)	$C_3H_5O_2^-$	F^-	NH_3	HPO_4^{2-}
b)	6,85x10^{-6}	1,48 x 10^{-11}	1,8 x 10^{-5}	1,58 x 10^{-7}

12.

a)	$C_5H_5NH^+$	HCN	HCNO	H_2S
b)	6,85 x 10^{-6}	4,78 x 10^{-10}	2,19 x 10^{-4}	9,10 x 10^{-8}

13.

a) Ácidas **b)** Neutras **c)** Ácidas **d)** Básicas

14. pH = 10 [HClO] = 9,69 x 10^{-5} mol/L

15. pH = 1,9

16. pH = 3,97

17.

a) 9,3 **b)** 9,3

18.

$[H_2S]$ = 0,10 mol/L $[HS^-]$ = 7,9 x 10^{-5} mol/L $[S^{2-}]$ = 10^{-14} mol/L
$[H_3O^+]$ = 7,9 x 10^{-5} mol/L $[OH^-]$ = 1,3 x 10^{-10} mol/L

9. CALORES DE REACÇÃO

1. Explique a razão do arrefecimento que se sente na pele quando se esfrega etanol, C_2H_5OH, sabendo que:

$$C_2H_5OH(l) \rightarrow C_2H_5OH(g) \qquad \Delta H^0 = 42{,}2 \text{ kJ}$$

2. Calcule o ΔH^0 da reacção:

$$CCl_4(g) + 2\ F_2(g) \rightarrow CF_4(g) + 2\ Cl_2(g)$$

a partir das seguintes energias de ligação:

ΔH^0 (C-Cl) = 331 kJ/mol

ΔH^0 (F-F) = 155 kJ/mol

ΔH^0 (C-F) = 439 kJ/mol

ΔH^0 (Cl-Cl) = 243 kJ/mol

3. Considere a seguinte reacção:

$$2\ CH_3OH(l) + 3\ O_2(g) \rightarrow 4\ H_2O(l) + 2\ CO_2(g) \qquad \Delta H^0 = -\ 1452{,}8 \text{ kJ}$$

Qual é o valor de ΔH^0 da reacção quando:

a) A equação química for multiplicada por dois.

b) A reacção é invertida.

c) Se forma vapor de água em vez de água líquida, sabendo que $\Delta H^0_{vap}\,(H_2O(l)) = 44$ kJ/mol

4. Considere a reacção de dissolução do cloreto de sódio, NaCl, em água:

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Sabendo que:

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g) \qquad \Delta H^0 = 788 \text{ kJ}$$

$$Na^+(g) + Cl^-(g) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq) \qquad \Delta H^0 = -\ 784 \text{ kJ}$$

calcule o calor de dissolução molar de cloreto de sódio.

5. Sabendo que:

ΔH^0_f ($H_2O(l)$) = - 285,8 kJ/mol

ΔH^0_f ($C_2H_5OH(l)$) = - 276,98 kJ/mol

ΔH^0_f ($N_2H_4(g)$) = 50,4 kJ/mol

ΔH^0_f ($NH_4Cl(s)$) = - 315,39 kJ/mol

escreva as equações termoquímicas de formação destes compostos.

6. A formação da $H_2O(g)$ a partir do $O_2(g)$ ocorre segundo a reacção:

$$O_2(g) + 2\ H_2(g) \rightarrow 2\ H_2O(g)$$

Sabendo que ΔH^0_f ($H_2O(g)$) = - 241,8 kJ/mol e que as energias das ligações H-H e O-H são, respectivamente, 435 kJ/mol e 464 kJ/mol, calcule a energia da ligação O-O no $O_2(g)$.

7. A variação de entalpia padrão para a seguinte reacção é 436,4 kJ:

$$H_2(g) \rightarrow H(g) + H(g)$$

a) Calcule a variação de entalpia de formação padrão do hidrogénio atómico.

b) Qual a energia de ligação H-H?

8. Em certas circunstâncias, o nitrato de amónio (NH_4NO_3) é um explosivo, decompondo-se de acordo com a equação:

$$2\ NH_4NO_3(s) \rightarrow 2\ N_2(g) + 4\ H_2O(g) + O_2(g) \qquad \Delta H^0 = -\ 236\ kJ$$

Calcule o calor libertado na decomposição de 1,00 kg de nitrato de amónio.

9. Sabendo que:

$$C_2H_5OH(l) + 3\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 3\ H_2O(g) \qquad \Delta H^0 = -1234,7\ kJ$$

$$CH_3OCH_3(l) + 3\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 3\ H_2O(g) \qquad \Delta H^0 = -1328,3\ kJ$$

a) Calcule ΔH^0 para a reacção:

$$C_2H_5OH(l) \rightarrow CH_3OCH_3(l)$$

b) Calcule a quantidade de calor posta em jogo quando se obtém 1,00 g de éter dimetílico (CH_3OCH_3) a partir do álcool etílico (C_2H_5OH).

10.

a) Calcule os calores de combustão correspondentes às seguintes reacções:

i) $C_2H_5OH(l) + 3\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 3\ H_2O(l)$

ii) $C_2H_6(g) + 7/2\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 3\ H_2O(l)$

b) Compare o calor de combustão por grama dos combustíveis $C_2H_5OH(l)$ e $C_2H_6(g)$.

Dados:

$\Delta H^0_f\ (C_2H_5OH(l)) = -277,7$ kJ/mol

$\Delta H^0_f\ (CO_2(g)) = -393,5$ kJ/mol

$\Delta H^0_f\ (H_2O(l)) = -285,8$ kJ/mol

$\Delta H^0_f\ (C_2H_6(g)) = -84,68$ kJ/mol

11. A partir dos seguintes calores de combustão:

$CH_3OH(l) + 3/2\ O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l)$ $\quad \Delta H^0 = -726,4$ kJ

$C(grafite) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta H^0 = -393,5$ kJ

$H_2(g) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta H^0 = -285,8$ kJ

calcule a variação de entalpia de formação do metanol ($CH_3OH(l)$).

12. O calor de formação molar do $Fe_2O_3(s)$ é -824,2 kJ/mol.

a) Calcule a quantidade de calor libertado ou absorvido:

i) quando 0,589 g de Fe_2O_3 são decompostos em ferro e oxigénio.

ii) quando 0,602 g de ferro são convertidos em Fe_2O_3.

b) Calcule a massa, em gramas, de ferro consumido quando são libertados 806 kJ de calor.

SOLUÇÕES: Calores de reacção

2. - 608 kJ

3.

a) - 2905,6 kJ
b) 1452,8 kJ
c) - 1276,8 kJ

4. 4 kJ/mol

6. 502 kJ/mol

7.

a) 218,2 kJ/mol
b) 436,4 kJ/mol

8. - 1,48 x 10^3 kJ

9.

a) 93,6 kJ
b) 2,03 kJ

10.

a) **i)** - 1366,7 kJ **ii)** - 1559,7 kJ
b) ΔH^0 ($C_2H_6(g)$) / ΔH^0 ($C_2H_5OH(l)$) = 1,7484

11. - 238,7 kJ/mol

12.

a) **i)** 3,04 kJ **ii)** 4,44 kJ
b) 109 g

ANEXO X

Programa (segunda fase do estudo)

Departamento de Química

Curso – Licenciatura em Ecologia Aplicada

Disciplina – Química

Ano lectivo – 2006/2007

Ano do curso – 1º **Semestre –** 1º **Carga horária semanal –** 2 (T) + 2 (P)

Docente responsável – Cristina Maria Correia Marques

PROGRAMA

OBJECTIVOS

Competências a desenvolver na disciplina

- **C1.** Observar uma situação química e descrevê-la correctamente usando os registos pertinentes;
- **C2.** Formular problemas no âmbito de temáticas do Ambiente, a partir de situações químicas relevantes para a disciplina, susceptíveis de serem compreendidos e resolvidos com a ajuda da Química;
- **C3.** Utilizar ou construir modelos de situações químicas que permitam a utilização de conceitos químicos e suas relações nessas situações;
- **C4.** Utilizar as relações entre conceitos (matemáticas ou outras) numa situação química;
- **C5.** Relacionar campos conceptuais diferentes para encontrar respostas a problemas;
- **C6.** Estruturar relações entre conceitos de Química;
- **C7.** Resolver problemas, utilizando os conceitos de química e as suas relações, de forma teórica e operacional, e de forma adequada aos respectivos contextos;
- **C8.** Delinear um percurso para procura de soluções de problemas de Química, em contexto experimental ou outro;
- **C9.** Organizar, interpretar, avaliar e criticar dados, resultados e procedimentos em Química;
- **C10.** Efectuar operações laboratoriais essenciais;
- **C11.** Executar montagens laboratoriais em Química com destreza e autonomia;
- **C12.** Trabalhar num laboratório de Química, cumprindo as normas de segurança para o manuseio de reagentes e procedimentos.

CONTEÚDOS

MODELOS TEÓRICOS E CONCEITOS

Unidade I: A Química, o Homem e a Terra

Química. Ciência. Tecnologia. Sociedade. Ambiente. Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente. Ecossistemas. Efeito Dominó. Impacte ambiental. Tipos de recursos naturais. Modelos económicos de desenvolvimento: exploração incontrolada, conservacionismo sem concessões, desenvolvimento sustentável.

Unidade A1: Águas puras e águas poluídas

Tipos de matéria: substâncias (substâncias elementares, substâncias compostas ou compostos) e misturas (homogéneas ou soluções, heterogéneas e colóides). Unidades básicas das substâncias: átomos, moléculas, iões. Tipos de compostos: iónicos, covalentes moleculares e covalentes de rede tridimensional. Fórmulas químicas: fórmulas moleculares e fórmulas empíricas *(representações de conceitos)*.

Sub-Unidade α: Incursão ao *interior* da matéria – I

Modelo atómico. Átomo. Propriedades macroscópicas e a natureza submicroscópica da matéria. Lei da conservação da massa e transformações químicas. Constituição do átomo. Os electrões como participantes nas transformações químicas.
Notação científica. Algarismos significativos. Exactidão (rigor) e precisão. Erros sistemáticos e erros acidentais numa medição.

Unidade A2: Sistemas aquáticos simples

Soluções. Solutos. Solventes. Tipos de soluções. Soluções aquosas. Solubilidade de substâncias em água. Solução saturada. Solução insaturada. Solução sobressaturada. Concentração de soluções aquosas. Molaridade, molalidade, percentagem mássica, partes por milhão, massa por volume, fracção molar. Densidade de uma solução.

Unidade B: Desastres ambientais na água

Configuração electrónica. Notação de Lewis. Ligações químicas: iónica, covalente e metálica. Tipos de compostos: iónicos, covalentes moleculares e covalentes de rede tridimensional. Electronegatividade, energia de ionização e afinidade electrónica de um elemento. Estruturas de Lewis. Modelo de Repulsão dos Pares Electrónicos da Camada de Valência. Geometria molecular. Momento dipolar de uma ligação. Momento dipolar de uma molécula. Forças intermoleculares: dipolo-dipolo, ião-dipolo, dipolo-dipolo induzido, ião-dipolo induzido, dipolo instantâneo-dipolo e ligação de hidrogénio. Temperaturas de fusão e de ebulição de substâncias *versus* forças intermoleculares. Dissolução de umas substâncias noutras *versus* forças intermoleculares. Processo de dissolução analisado em termos moleculares.

Sub-Unidade β: Incursão ao *interior* da matéria – II

Classificação dos solutos em solução aquosa: electrólitos e não-electrólitos, electrólitos fortes e electrólitos fracos. Dissolução e dissociação de compostos iónicos na água. Dissolução de compostos moleculares na água. Hidratação de iões e de moléculas.

Unidade C: Efeitos da poluição

Reacções químicas no ambiente: reacções de oxidação-redução, reacções de ácido-base, reacções de precipitação, reacções de complexação, reacções fotoquímicas.
Extensão de uma reacção química. Reacções completas ou irreversíveis. Reacções incompletas ou reversíveis. Noção de equilíbrio químico. Constante de equilíbrio. Factores que afectam o equilíbrio químico.
Equilíbrio de oxidação-redução: reacção de redução, reacção de oxidação, nº de oxidação, acerto de equações de oxidação-redução, agente redutor, agente oxidante, substância reduzida, substância oxidada.
Equilíbrio de ácido-base: ácidos e bases segundo Arrhenius e segundo Bronsted-Lowry, propriedades ácido-base da água, autoionização da água, produto iónico da água, noção de pH, ácidos e bases fortes e ácidos e bases fracos, constantes de ionização de ácidos fracos e de bases fracas, ácidos dipróticos e polipróticos, hidrólise de sais, pH e efeito de ião comum, soluções tampão.

Unidade D: Desenvolvimento sustentável

Processo de dissolução analisado em termos energéticos. Energia. Variações de energia em reacções químicas. Entalpia. Calorimetria. Entalpias padrão de formação e reacção. Calores de dissolução e de diluição. A primeira lei da Termodinâmica. Processos espontâneos e entropia. A segunda lei da termodinâmica. Energia de Gibbs. Energia de Gibbs e equilíbrio químico. A terceira lei da termodinâmica.

LISTA DE TRABALHOS PRÁTICOS

1. Determinação da fórmula empírica do óxido de magnésio.
2. Preparação de soluções aquosas conhecendo previamente as concentrações a obter.
3. Determinação quantitativa do ião fosfato (PO_4^{3-}) em águas.
4. Previsão/Observação/Explicação da miscibilidade de líquidos em sistemas binários.
5. Determinação da concentração de ácido sulfúrico numa "chuva ácida".
6. Determinação do calor de reacção a pressão constante e de outras grandezas termodinâmicas.

TRABALHOS DE PROJECTO

Haverá, ainda, trabalhos de projecto a desenvolver pelos alunos, em grupo, fora das aulas. Aqueles serão formulados sob a forma de problemas a resolver e estarão relacionados com problemáticas do Ambiente, em que a Química será um recurso fundamental para a sua compreensão e desenvolvimento. A resposta aos problemas será dada na forma de um produto (um folheto informativo, um *portfolio*, um site, um artigo no jornal, …) ou de um serviço (uma campanha de sensibilização, …).

Serão os alunos a formular os projectos que querem desenvolver e a delinearem estratégias para a sua execução. A professora servirá de mediadora no desenrolar destes trabalhos, pelo que deverá haver discussões regulares entre os alunos e a professora.

Os alunos apresentarão, a meio do semestre, os respectivos projectos, preferencialmente em PowerPoint ou com transparências (a disponibilizar à professora), onde darão conta das suas actividades em curso e do estado do produto/serviço em elaboração. No final do semestre, será entregue pelo grupo um documento escrito, com

8 a 10 páginas, onde constará um pequeno relatório das actividades desenvolvidas e os fundamentos científicos do produto ou serviço. Cada grupo apresentará à turma, em PowerPoint ou com transparências, o trabalho desenvolvido no âmbito do seu trabalho de projecto.

INDICAÇÕES METODOLÓGICAS

A disciplina de Química funcionará de forma distinta daquelas que têm por base a separação das aulas em três tipos, nomeadamente teóricas, teórico-práticas e práticas (ou laboratoriais).

O ensino dos conceitos de Química e suas relações, bem como o desenvolvimento de competências, terão como pontos de partida situações químicas concretas, de preferência enquadradas em problemáticas conhecidas dos alunos, privilegiando-se contextos do âmbito do Ambiente. Sobre estas situações químicas, serão levantadas questões, que servirão de fio condutor aos processos de ensino e aprendizagem. Estes processos contarão com momentos que a seguir se explicitam:

- o professor apresenta aos alunos uma situação química;
- o professor coloca questões e/ou problemas sobre a situação;
- os alunos trabalham, individualmente ou organizados em grupos, como forma de dar respostas a tarefas propostas pelo professor (que serão executadas em casa ou nas aulas; nestas últimas incluem-se trabalhos executados no laboratório);
- o professor explicita conhecimentos de índole teórica, prática e experimental e reestrutura as ideias dos alunos relativamente aos conceitos envolvidos.

Portanto, poderão decorrer aulas do tipo teórico ou teórico-prático no horário destinado às aulas teóricas e no horário das aulas práticas, mas as aulas de laboratório só poderão decorrer no horário destinado às aulas práticas.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

SISTEMA DE AVALIAÇÃO PERIÓDICA

1. As aprendizagens dos alunos são avaliadas recorrendo a 4 instrumentos de avaliação: observação directa (O) com grelha de observação; caderno de laboratório (C); testes de avaliação periódica (T); trabalho de projecto (P):

- Observação directa (O), feita a **cada grupo de alunos**, que avaliará:
    - as competências técnicas dos trabalhos laboratoriais;
    - a compreensão do problema a resolver em cada trabalho laboratorial;
    - a relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos.

- Caderno de laboratório (C), elaborado **individualmente**, onde se avaliará:

  • a preparação prévia dos trabalhos práticos, com a execução de tarefas prévias à execução experimental;

  • os conhecimentos teóricos e experimentais relacionados com os trabalhos práticos;

  • o tratamento de dados;

  • a capacidade crítica face aos resultados obtidos.

- Dois testes de avaliação (T), realizados durante o semestre, abrangendo toda a matéria dada até à aula anterior ao dia de cada teste, onde se avaliarão conhecimentos e algumas competências, incluindo sobre os trabalhos práticos.

- Trabalho de projecto (P), onde se avaliarão os conhecimentos de Química envolvidos e algumas competências, em particular, C2, C5, C7 e C8.

2. A nota final será encontrada com base na fórmula:

$$\text{Nota Final} = 0{,}40\ T + 0{,}25\ P + 0{,}20\ C + 0{,}15\ O$$

3. A aprovação à disciplina só é conseguida se a nota final for superior ou igual a 9,5 valores, em que a nota da média aritmética dos testes, T, terá de ser superior ou igual a 9,5 valores e a nota relativa a (0,20 C + 0,15 O)/0,35 (nota de frequência) terá de ser superior ou igual a 8,5 valores. É exigido ainda um mínimo de 7 valores em cada componente da avaliação, isto é, em cada teste, no projecto, na globalidade do caderno de laboratório e na globalidade da observação directa.

4. Relativamente aos trabalhos práticos 1, 2, 3 e 5, os alunos apenas poderão faltar a um deles. Para efeitos de classificação, serão escolhidos os três trabalhos práticos com melhor nota (o trabalho não realizado conta com zero valores).

5. Todos os alunos devem responder a 4 testes de diagnóstico, antes do início das aulas, e a 5 testes de diagnóstico, no final das aulas, em datas pré-definidas, sendo-lhes atribuído um bónus de 1 valor à nota final, desde que esta esteja acima de 9,5 valores.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO POR EXAME FINAL

1. As aprendizagens dos alunos são avaliadas recorrendo a 3 instrumentos de avaliação: observação directa (O) com grelha de observação; caderno de laboratório (C); exame final (E); trabalho de projecto (P):

- Observação directa (O), feita a **cada grupo de alunos**, que avaliará:
  - as competências técnicas dos trabalhos laboratoriais;
  - a compreensão do problema a resolver em cada trabalho laboratorial;
  - a relação entre o trabalho laboratorial e os conceitos teóricos.
- Caderno de laboratório (C), elaborado **individualmente**, onde se avaliará:
  - a preparação prévia dos trabalhos práticos, com a execução de tarefas prévias à execução experimental;
  - os conhecimentos teóricos e experimentais relacionados com os trabalhos práticos;
  - o tratamento de dados;
  - a capacidade crítica face aos resultados obtidos.
- Um exame final (E), realizado no final do semestre, abrangendo toda a matéria dada, e realizado individualmente, onde se avaliarão conhecimentos e algumas competências, incluindo sobre os trabalhos práticos.
- Trabalho de projecto (P), onde se avaliarão os conhecimentos de Química envolvidos e algumas competências, em particular, C2, C5, C7 e C8.

2. A nota final será encontrada com base na fórmula:

$$\text{Nota Final} = 0{,}40\ E + 0{,}25\ P + 0{,}20\ C + 0{,}15\ O$$

3. A aprovação à disciplina só é conseguida se a nota final for superior ou igual a 9,5 valores, em que a nota do exame, E, terá de ser superior ou igual a 9,5 valores e a nota relativa a $(0{,}20\ C + 0{,}15\ O)/0{,}35$ (nota de frequência) terá de ser superior ou igual a 8,5 valores. É exigido ainda um mínimo de 7 valores nas restantes componentes da avaliação, isto é, no projecto, na globalidade do caderno de laboratório e na globalidade da observação directa.

4. Relativamente aos trabalhos práticos 1, 2, 3 e 5, os alunos apenas poderão faltar a um deles. Para efeitos de classificação, serão escolhidos os três trabalhos práticos com melhor nota (o trabalho não realizado conta com zero valores).

5. Todos os alunos devem responder a 4 testes de diagnóstico, antes do início das aulas, e a 5 testes de diagnóstico, no final das aulas, em datas pré-definidas, sendo-lhes atribuído um bónus de 1 valor à nota final, desde que esta esteja acima de 9,5 valores.

ALUNOS COM ESTATUTO DE TRABALHADOR-ESTUDANTE

1. Os alunos com estatuto de trabalhador-estudante estão dispensados da presença nas aulas teóricas e práticas, de acordo com as Normas Pedagógicas.

2. Terão de realizar um exame laboratorial sobre os trabalhos práticos, cuja classificação corresponderá à de obtenção de frequência (R e O) e que, por isso, terá de ser superior ou igual a 8,5 valores. Terão de responder a um exame final (E), realizado no final do semestre, abrangendo toda a matéria dada, onde se avaliarão conhecimentos e algumas competências, incluindo sobre os trabalhos práticos. Terão ainda de realizar um trabalho de projecto (P), onde se avaliarão os conhecimentos de Química envolvidos e algumas competências, em particular, C2, C5, C7 e C8.

3. A nota final será encontrada com base na fórmula:

$$\text{Nota Final} = 0{,}40\ E + 0{,}25\ P + 0{,}20\ R + 0{,}15\ O$$

4. A aprovação à disciplina só é conseguida se a nota final for superior ou igual a 9,5 valores, em que a nota do exame, E, terá de ser superior ou igual a 9,5 valores e a nota relativa a $(0{,}20\ C + 0{,}15\ O)/0{,}35$ (nota de frequência) terá de ser superior ou igual a 8,5 valores. É exigido ainda um mínimo de 7 valores no trabalho de projecto.

5. Caso pretendam vincular-se ao sistema de avaliação periódica, poderão fazê-lo desde que cumpram com todos os requisitos necessários à avaliação periódica. Para isso, têm de assinar uma *declaração com a sua vinculação ao sistema de avaliação* que desejam (periódica ou por exame final).

Observações finais

1. No início do semestre, os alunos devem assinar uma *declaração com a sua vinculação ao sistema de avaliação* que desejarem (periódica ou por exame final).

2. É obrigatória a *inscrição prévia* do aluno na secção de Química para os exames que pretenda realizar, sob pena de não os poder efectuar. O prazo para as inscrições termina sempre 48 horas antes da hora marcada para a avaliação em causa.

3. É obrigatória a *apresentação de um documento identificativo* do aluno em todos os exames ou tarefas de avaliação, sob pena de o aluno não os poder efectuar.

4. Nos testes e nos exames de avaliação é *proíbido o uso de máquinas alfa-numéricas e de telemóveis.*

5. É recomendado o uso de um *portfolio*, ou seja, um dossier ou um caderno, onde constarão todos os apontamentos das aulas, as fichas de trabalho e outros recursos distribuídos pela professora, e que deve ser levado para todas as aulas não laboratoriais, completo e organizado.

6. Para as aulas em que são realizadas tarefas de índole laboratorial (caso dos trabalhos práticos 1,2,3 e 5) é **obrigatório** o uso um *caderno de laboratório* paginado, de onde não poderão ser retiradas folhas, onde deverão constar:

- I) a preparação prévia dos trabalhos laboratoriais, com as respostas às tarefas propostas antes da execução experimental;
- II) todos os registos relevantes, decorrentes do trabalho laboratorial, incluindo observações de fenómenos, registo de dados obtidos experimentalmente, em tabelas, e de dados tabelados (como massas molares, por ex.) e ainda comentários considerados pertinentes;
- III) o tratamento de dados;
- IV) comentários face aos resultados obtidos e as conclusões.

7. A assistência às aulas teóricas é obrigatória para todos os alunos que pretendam ficar vinculados ao sistema de avaliação periódica, não podendo faltar a mais de ¼ das aulas teóricas previstas.

8. A assistência às aulas práticas é obrigatória para todos os alunos inscritos à disciplina pela 1ª vez em 2006/07 ou 2004/05 e para os que não tenham obtido frequência à disciplina (ficaram não admitidos) em 2005/07, não podendo faltar a mais de ¼ das aulas previstas neste horário, nem a mais do que 1 dos 4 trabalhos de laboratório (1, 2, 3 ou 5), sob pena de não obterem frequência à disciplina.

Datas de exames

1ª chamada: 18 de Janeiro de 2007, 9h30.
2ª chamada: 29 de Janeiro de 2007, 9h30.
Recurso: 12 de Fevereiro de 2007, 9h30.

Datas para a apresentação dos projectos:

Apresentação intercalar: 20 de Novembro de 2006, 14h00 – 16h00, sala 1.20 CA.
Entrega do documento escrito: 10 de Janeiro de 2007.
Apresentação final: 10 de Janeiro de 2007, 14h30 horas, lab. 3.05 CP.

Atendimento aos alunos

Horário: 5as feiras, 10h30 - 12h30, gabinete A2.10, Edifício de Geociências (poderá ainda ser em qualquer outro horário combinado com a docente)

e-mail: cmmarque@utad.pt

telefone do gabinete: 259 350 202

Bibliografia e outros recursos

De apoio às aulas

Chang, R. (2005). *Química*, 8ª edição. Lisboa: McGraw-Hill de Portugal.

Calvo, D.; Molina, M. T.; Salvachúa, J. (2001). *Ciencias da Terra e do Medio Ambiente, 2º Bacharelato*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Buell, P.; Girard, J. (1994). *Chemistry, an environmental perspective*. New Jersey: Prentice Hall.

Apontamentos resumidos sobre as aulas, fichas de trabalho em grupo, fichas de exercícios teórico-práticos e protocolos dos trabalhos práticos (organizados pela docente responsável pela disciplina).

De apoio aos trabalhos de laboratório

Rodier, J., 7ème édition (1984). *L'analyse de l'eau*. Paris: Dunod.

Dossier (organizado pela docente) constituído por informações sobre segurança no laboratório, material de laboratório e seu manuseamento, preparação de soluções, titulações, legislação sobre qualidade da água e alguns sites da Internet.

De apoio aos trabalhos de projecto

Revistas da Sociedade Portuguesa de Química.

Ferreira, E.; Rodrigues, E. (2002). *Fontes de Informação em Ambiente*. Lisboa: Centro Atlântico.

Outra bibliografia a fornecer consoante o trabalho de projecto.

http://side.utad.pt

TODOS OS ASPECTOS NÃO REFERIDOS SERÃO TRATADOS DE ACORDO COM AS NORMAS PEDAGÓGICAS EM VIGOR.

O conhecimento de todas as normas respeitantes à disciplina de Química é da responsabilidade do aluno, depois de publicitadas nas aulas e em locais de afixação do Departamento de Química.

O Docente *O Representante dos Alunos*

_____ _____

ANEXO XI

Instrumentos (segunda fase do estudo)

Inquérito aos estudantes (caso investigação-acção)

Inquérito aos estudantes (caso avaliativo)

Guião da entrevista ao colaborador

Grelhas de observação (observação directa)

Teste de competências em química

Grelha de avaliação do trabalho por projecto

Questionário aos estudantes acerca do ensino, da avaliação e do modo de estudar

1º Teste de avaliação

2º Teste de avaliação

Exame (1ª chamada)

Exame (2ª chamada)

Inquérito aos estudantes – caso investigação-acção
(ver documento equivalente no anexo V)

Inquérito aos estudantes – caso avaliativo
(ver documento equivalente no anexo V)

GUIÃO DA ENTREVISTA AO COLABORADOR

Universidade	
Licenciatura	
Disciplina	
Nome do colaborador	
Contactos	
Data	

1. Número total de anos de experiência lectiva. Experiência lectiva: apenas na Universidade ou noutros níveis de ensino.	
2. Informação relativa aos docentes que leccionam a disciplina e às aulas que cada um lecciona no âmbito desta disciplina.	Ver QUADRO Nº 1.
3. Processo de definição do programa desta	

disciplina.	
4. Como os docentes desta disciplina definem o modo como a disciplina é leccionada.	
5. Descrição do modo como esta disciplina é leccionada no dia-a-dia, pelo regente.	Ver QUADRO Nº 2.
6. Descrição do modo como esta disciplina é leccionada no dia-a-dia, pelos restantes docentes que leccionam esta disciplina.	
7. Período em que esta disciplina tem estado sob a sua responsabilidade, como regente.	
8. Existência de alterações no modo como esta disciplina é leccionada, desde que é regente desta disciplina.	
9. Alterações introduzidas na leccionação desta disciplina, o ano lectivo em que ocorreram, as razões para a sua introdução, eventuais opiniões	Ver QUADRO Nº 3.

relativamente a estas alterações e efeitos observados na aprendizagem dos alunos.	
10. Informações acerca da opinião dos restantes docentes actualmente envolvidos na leccionação desta disciplina.	
10.1. Opiniões expressas pelos restantes docentes acerca das modificações introduzidas no modo como a mesma é leccionada.	
11. Recolha, junto dos estudantes, de informação relativa a opiniões que eles possam ter acerca da leccionação desta disciplina.	
12. Modo de obtenção deste tipo de informação (informalmente / formalmente – quais os instrumentos).	
13. Informação acerca de reacções dos estudantes, no caso de alterações introduzidas na leccionação desta disciplina.	Ver QUADRO Nº 3 (última coluna).

14. Existência de reflexão sobre questões relacionadas com a sua prática de ensino.	
15. Opinião acerca do conceito de Aprendizagem de Qualidade no Ensino Superior.	
16. Visão acerca do conceito de Ensino de Qualidade no Ensino Superior	

QUADRO Nº 1

Docente (nome e categoria)	Função do docente na disciplina	Tipo de aulas	Horas efectivas por semana

QUADRO Nº 2

Nome: _____ Disciplina: _____ Curso: _____

Tipo de aula	Modo de ensino	Intenção de cada modo de ensino	Frequência aproximada com que é usado cada modo de ensino em cada tipo de aula
Exemplos: aula T, TP, P	Exemplos: Exposição (com ou sem meios audiovisuais; quais?); Discussão (intervenientes, duração, …); Trabalho de grupo (de que tipo, tamanho dos grupos, …); Resolução de problemas; Pesquisa autónoma; etc.		Exemplos: em todas as aulas; metade das aulas; 1/3 das aulas; 1/4 das aulas; esporadicamente; numa única aula; nunca…

A241

QUADRO Nº 3

Alteração introduzida	Ano lectivo	Intenção com que foi introduzida a alteração	Opinião pessoal	Efeitos observados na aprendizagem	Reacções dos estudantes

Grelhas de observação – observação directa
(ver documentos equivalentes no anexo V)

Teste de Competências em Química

(TCQ)

O propósito deste questionário é diagnosticar as competências dos estudantes em Química.

As suas respostas são confidenciais e serão utilizadas apenas para fornecer informação para investigações que visam melhorar a qualidade do ensino.

A sua colaboração é preciosa.

Muito obrigada.

A sua identificação

Todas as iniciais do seu nome completo:_____ Idade: ____ anos Data: _____

Disciplina: _____ Curso: _____

leccionada no Departamento de _____ da Universidade de _____

TESTE

NOTA – Caso necessite de informações/dados para responder às questões do teste, solicite-as ao professor.

1. Situação (considere as duas imagens e o texto abaixo):



"Ponta Delgada, 29 de Setembro de 2005

Governo está determinado no combate à eutrofização das lagoas das Sete Cidades

A secretária regional do Ambiente e do Mar, Ana Paula Marques, visitou esta tarde, na freguesia das Sete Cidades, na ilha de São Miguel, as obras em curso das empreitadas de construção de um desvio parcial dos efluentes conduzidos pela vala que atravessa a localidade e de construção de açudes na mesma vala e na Grota do Inferno.
Aquelas obras foram diagnosticadas como fundamentais pelo Plano de Ordenamento da Bacia Hidrográfica das Lagoas das Sete Cidades, porque correspondem às medidas correctivas no âmbito do combate ao processo de eutrofização.
Trata-se de uma vala que vai conduzir a água com nitratos que provém das pastagens circundantes, para o túnel de descarga das Sete Cidades impedindo-se, assim, que aqueles caudais entrem nas lagoas e aumentem o processo de eutrofização.
A empreitada geral inclui a construção, na referida vala, (…) de uma conduta desde a tomada de água até à bacia de entrada do túnel de descarga das lagoas das Sete Cidades onde se localizará um órgão descarregador, que desviará parte dos efluentes das referidas lagoas.
Na opinião da secretária regional do Ambiente e do Mar, a concretização daquelas obras, que representam um investimento público da ordem dos 1,2 milhões de euros, confirma o empenho do Governo Regional em resolver, de forma determinada, o problema da eutrofização daquelas lagoas.
Seguir-se-ão, como iniciativas essenciais, os trabalhos de requalificação de todas as margens das lagoas e a necessária redução do encabeçamento bovino para os níveis recomendados pelo respectivo plano de ordenamento."

[1]adubos – compostos como NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2$, K_2SO_4, $NaNO_3$, ou misturas destes compostos, que se adicionam ao meio nutritivo para melhorar o desenvolvimento das plantas.

Tarefas:

a) Observe as imagens e leia a notícia. **Relate**, de forma sucinta, os fenómenos químicos que pensa que estão a ocorrer.

b) **Explique,** com a maior profundidade que lhe for possível, o(s) fenómeno(s) químicos descrito(s) em **1.a)**.

2. Situação: Imagine que está constipado e que decide preparar uma bebida à base de vitamina C. No entanto, tem uma inflamação no esófago, o que o condiciona quanto aos alimentos que pode ingerir, não devendo o valor de pH daqueles ser inferior a 4.

Tarefa: Preveja o valor, ou gama de valores, de pH da bebida preparada, da forma mais precisa que lhe for possível, supondo que mistura 1,0 g de vitamina C em 100,0 mL de água. Será aconselhável tomar a bebida que preparou? Explicite o raciocínio e as aproximações que fizer.

3. Situação: Suponha que se colocaram, num recipiente fechado de 1,0 L, 1,0 moles de cada um dos gases A, B e C e que ocorre a transformação:

$$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$$

Tarefa: Discuta, em termos de constante de equilíbrio e variação de entalpia, o que acontece ao valor da temperatura do recipiente, ao fim de algum tempo.

Grelha de Avaliação do trabalho por projecto

Dimensões de avaliação	***Descritores***	***Nível de qualidade*** ***1 2 3 4 5***
Formulação do problema	• **A** Explicitação do contexto (científico, social, …) onde se insere o problema. • **B** Clareza da formulação do problema.	
Processo de resolução	• **C** Qualidade dos recursos mobilizados para a resolução. • **D** Conhecimentos mobilizados para a resolução. • **E** Qualidade dos processos usados para chegar ao produto final.	
Funcionalidade	• **F** O produto final é uma resposta ao problema. • **G** O modelo teórico de base é correcto, adequado e está suficientemente desenvolvido. • **H** O produto final é funcional.	
Apresentação do produto	• **I** A qualidade do produto é patente. • **J** As indicações de uso são claras. • **L** A apresentação do produto é cuidada e adequada.	
Comunicação	• **M** Clareza e riqueza da comunicação dos processos para se chegar ao “que se fez”. • **N** Clareza e riqueza da comunicação do “que se fez”.	

Questionário aos Estudantes
Acerca do Ensino, da Avaliação e do Modo de Estudar
(QEAME)

O propósito deste questionário é recolher as opiniões dos estudantes acerca do ensino e da avaliação na disciplina de Química. Ao responder, por favor, mantenha em mente APENAS a disciplina de Química.

As suas respostas são confidenciais e serão utilizadas apenas para fornecer informação para investigações que visam melhorar a qualidade do ensino.

A sua colaboração é preciosa.

Muito obrigada.

A sua identificação

Tipo de avaliação (perguntar o código): _____ Idade: ____ anos Data: _____

Disciplina: _____ Curso: _____

leccionada no Departamento de _____ da Universidade de _____

Número de inscrições nesta disciplina (incluindo a actual): _____

Número de reprovações nesta disciplina: _____

COMO RESPONDER:

Faça uma circunferência em torno do número ao lado de cada frase que melhor se ajusta à sua opinião, de acordo com a classificação abaixo:

1 significa que **discorda completamente**;

2 significa que **tende a discordar**;

3 significa que **não se aplica ou não sabe responder**;

4 significa que **concorda, mas com reservas**;

5 significa que **concorda completamente**.

Por favor, responda a todas as questões. Obrigada pela sua preciosa colaboração.

1. É sempre fácil saber qual o grau de exigência do trabalho que é esperado de mim nesta disciplina.	1 2 3 4 5
2. Há poucas oportunidades para escolher assuntos particulares que gostaria de estudar nesta disciplina.	1 2 3 4 5
3. A professora desta disciplina motiva os estudantes no sentido de darem o seu melhor.	1 2 3 4 5
4. O trabalho exigido nesta disciplina é excessivo.	1 2 3 4 5
5. A professora desta disciplina dá frequentemente a impressão de não ter nada a aprender com os estudantes.	1 2 3 4 5
6. Em geral, tenho uma ideia clara da direcção a seguir e do que me é exigido nesta disciplina.	1 2 3 4 5
7. A professora desta disciplina dedica bastante tempo a comentar o trabalho dos estudantes.	1 2 3 4 5
8. Para passar nesta disciplina tudo o que é realmente preciso é ter uma boa memória.	1 2 3 4 5
9. Esta disciplina parece encorajar os estudantes a desenvolverem, tanto quanto possível, os seus próprios interesses académicos.	1 2 3 4 5
10. Parece-me que o programa desta disciplina tenta cobrir demasiados tópicos.	1 2 3 4 5
11. Os estudantes têm uma grande possibilidade de escolher o modo como vão aprender nesta disciplina.	1 2 3 4 5
12. A professora desta disciplina parece mais interessada em testar aquilo que nós memorizamos do que aquilo que compreendemos.	1 2 3 4 5
13. É frequentemente difícil descobrir o que é esperado de nós nesta disciplina.	1 2 3 4 5

14. Em geral, é-nos dado tempo suficiente para compreender as coisas que temos de aprender nesta disciplina.	1 2 3 4 5
15. A professora desta disciplina faz um esforço real para entender as dificuldades que os estudantes possam ter no seu trabalho.	1 2 3 4 5
16. É dada bastante escolha aos estudantes no trabalho que têm de realizar nesta disciplina.	1 2 3 4 5
17. A professora desta disciplina dá normalmente informação acerca de como os estudantes vão progredindo.	1 2 3 4 5
18. A professora desta disciplina é extremamente boa a explicar-nos a matéria.	1 2 3 4 5
19. Os objectivos gerais e específicos desta disciplina não são fornecidos de modo muito claro.	1 2 3 4 5
20. A professora desta disciplina trabalha arduamente no sentido de tornar atraente esta disciplina para os estudantes.	1 2 3 4 5
21. A professora desta disciplina coloca aos estudantes demasiadas questões que incidem apenas sobre factos.	1 2 3 4 5
22. A informação sobre o trabalho de cada estudante nesta disciplina é fornecida APENAS sob a forma de classificações e notas.	1 2 3 4 5
23. Discutimos frequentemente com a nossa professora acerca do modo como vamos aprender nesta disciplina.	1 2 3 4 5
24. A professora desta disciplina não demonstra interesse real naquilo que os estudantes têm para dizer.	1 2 3 4 5
25. É possível passar nesta disciplina trabalhando arduamente apenas nas vésperas do exame.	1 2 3 4 5
26. Nesta disciplina tenta-se realmente obter o melhor da parte de todos os estudantes.	1 2 3 4 5
27. Nesta disciplina há pouca escolha nos modos como se é avaliado.	1 2 3 4 5
28. A professora desta disciplina torna claro desde o início o que espera dos estudantes.	1 2 3 4 5
29. O volume de trabalho que tem de ser realizado nesta disciplina significa que não é possível compreender tudo de um modo aprofundado.	1 2 3 4 5

MUITO OBRIGADA PELA SUA PRECIOSA COLABORAÇÃO!

Química I Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais
Química Ecologia Aplicada

1º TESTE DE AVALIAÇÃO 20 de Novembro de 2006

Duração: 2 horas + 30 minutos de tolerância

Nome_____ Curso_____ Nº_____

1. A questão da co-incineração de resíduos tóxicos está, de novo, na ordem do dia. Recorde a polémica em torno desta questão que teve lugar em Portugal em 2001 e 2002, lendo a notícia que se encontra na última página (Anexo). De seguida, responda às questões:

a) Que papéis pode ter a ciência (indique dois), e em particular a química, na resolução da questão da co-incineração de resíduos industriais perigosos em Portugal?**(1,5 val.)**

b) Sublinhe, no texto em anexo, um trecho onde encontre expressas inter-relações entre a sociedade, ciências, a tecnologia e o ambiente. Explique, por palavras suas, essas inter-relações, baseando-se no trecho que seleccionou. **(2,0 val.)**

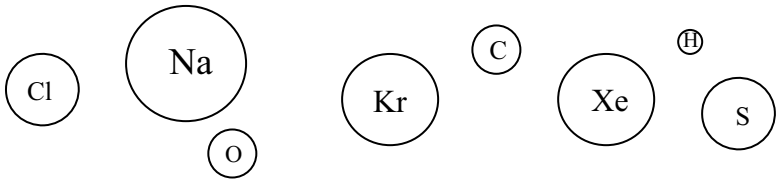
2. Como sabe, o modelo de desenvolvimento sustentável admite a continuação da exploração de recursos, mesmo dos não renováveis. Como explica que, com este modelo de desenvolvimento económico, os recursos do planeta estejam a ser protegidos? **(1,5 val.)**

3. **a)** Considere um curso de água poluído. Dê um exemplo de uma propriedade macroscópica deste sistema, causada por um agente poluente (indique-o). Relacione essa propriedade com o tipo de matéria e tipo de entidades básicas que constituem o sistema aquático em causa, explicando convenientemente. **(1,5 val.)**

b) Indique o que se deve ter em conta para que se possa concluir se uma amostra de água está ou não poluída. **(1,0 val.)**

4. Diga como pode distinguir soluções de colóides. Justifique convenientemente. **(1,5 val.)**

5. Os círculos seguintes são representações de átomos de diferentes elementos:



Recorrendo às figuras anteriores que entender, faça um esquema, dentro dos quadrados, que represente a estrutura de (explique as suas respostas):

(***NOTA*** – dê exemplos que tenham existência real)

a) Uma substância elementar constituída por moléculas homonucleares.

b) Um composto covalente molecular.

c) Uma mistura de duas substâncias.

Explique as suas respostas.

(Total: 1,5 val.)

6. Sabendo que a fórmula química de um composto que é utilizado como agente de branqueamento é NaClO (hipoclorito de sódio), determine a sua composição elementar em percentagem mássica. **(1,5 val.)**

7. O oxigénio molecular foi descoberto a partir da decomposição térmica do óxido de mercúrio em mercúrio metálico e oxigénio gasoso.

a) Quando se aquece uma amostra de 1,048 g de óxido de mercúrio obtém-se um resíduo de 0,971 g de mercúrio. A partir destes dados, determine a fórmula empírica do óxido de mercúrio. **(1,5 val.)**

b) Descreva o procedimento experimental que terá sido executado para obter os dados da alínea anterior, referindo também o material usado. **(1,0 val.)**

c) Que teoria científica está na base do procedimento experimental a partir do qual foi possível determinar a fórmula empírica do óxido de magnésio? Explique convenientemente a sua resposta e indique 3 considerações fundamentais dessa teoria. **(2,0 val.)**

8. Calcule o nº de moles e a massa, em gramas, de sódio (Na) existentes em 0,450 mol de $Na_4P_2O_7$ **(1,0 val.)**

9. Foram preparados 500,0 mL de solução aquosa 0,220 mol/L em sulfato de cobre, $CuSO_4$. Qual é a massa de sulfato de cobre existente em 75,0 mL da solução preparada? **(1,0 val.)**

10. Considere um refrigerante que contém 0,0050 mg de vitamina C ($C_6H_8O_6$) em 33 cl (330 ml) desta bebida. Calcule a molaridade de vitamina C ($C_6H_8O_6$) no refrigerante. **(1,50 val.)**

(***NOTA*** – admita que o refrigerante possui apenas dois componentes)

ANEXO

Novo Governo:

Souselas e Coimbra satisfeitas com proibição dos testes de co-incineração

O presidente da Junta de Freguesia de Souselas, José Figueiredo, ficou "contente" com a decisão do Governo de proibir os testes de co-incineração.

Também o autarca de Coimbra, Carlos Encarnação, felicitou a decisão do novo Governo, naquela que diz ser uma "vitória da luta contra a teimosia" do ex-ministro José Sócrates.

José Figueiredo recordou que a contestação da co-incineração "é uma luta de há muitos anos" contra um "processo que tem criado muitos problemas" à Junta de Souselas e às populações da região de Coimbra, sobretudo aos habitantes daquela freguesia. No entanto, o método defendido pelo PSD, incineração dedicada, é igualmente poluente, disse José Figueiredo.

"Era o que eu queria, em nome de Coimbra e da luta contra a teimosia de um ministro que não percebia o que estava a acontecer" em Coimbra, disse, por seu lado, Carlos Encarnação à Lusa. A proibição dos testes da co-incineração na cimenteira de Souselas representa a "aceitação de uma solução muito positiva para o país", segundo o autarca, que considera aquele método de eliminação dos Resíduos Industriais Perigosos (RIP) um "caminho perigoso".

Médico alvo de queixa-crime advoga demissão da CCI. José Manuel Silva, um dos dois professores da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra alvo de uma queixa-crime interposta pela Comissão Científica Independente (CCI) pelas suas posições contra a co-incineração, classificou como "uma vitória da cidadania" a proibição dos testes em Souselas e defendeu a demissão enquanto "forma airosa" de a CCI sair do processo. A proibição dos testes demonstra também que "vale a pena a intervenção dos cidadãos e que é possível derrubar lobbies tão fortes como o das cimenteiras", acrescentou. (…).

Ambientalistas congratulam-se com decisão governamental. Joaquim Gonçalves, presidente da Associação de Defesa do Ambiente de Souselas (ADAS), congratulou-se com a decisão do ministro do Ambiente, Isaltino Morais [de proibir a realização de testes de queima de resíduos industriais perigosos (RIP) na cimenteira de Souselas]. "Vamos agora concentrar toda a nossa energia sobre a forma como a fábrica labora", declarou o líder da ADAS, acrescentando que "seria necessário realizar o anunciado estudo epidemiológico à população" da área daquela freguesia do norte de Coimbra. João Gabriel, membro da Comissão para a Luta contra a Co-incineração e da associação ambientalista Quercus, [comentou que] "se forem aplicadas todas as alternativas de regeneração de resíduos perigosos, como os óleos e solventes, é até possível que não seja necessário construir uma incineradora dedicada".

www.ecosfera.publico.pt (16-04-2002).

Química I Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais
Química Ecologia Aplicada

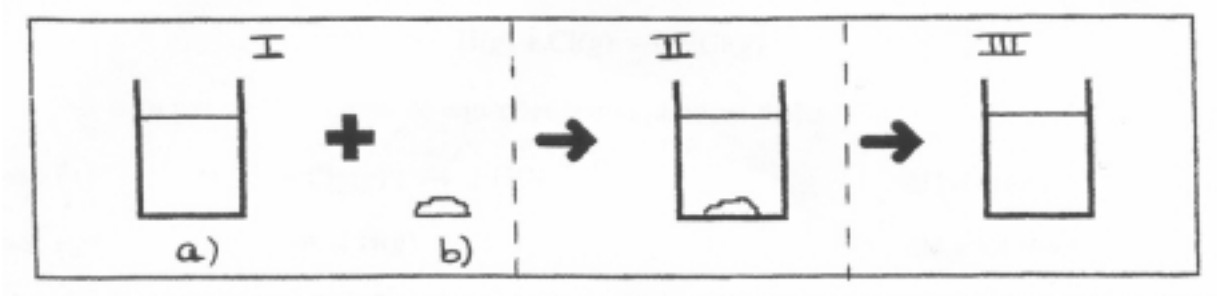
2º TESTE DE AVALIAÇÃO 10 de Janeiro de 2007

Duração: 2 horas + 30 minutos de tolerância

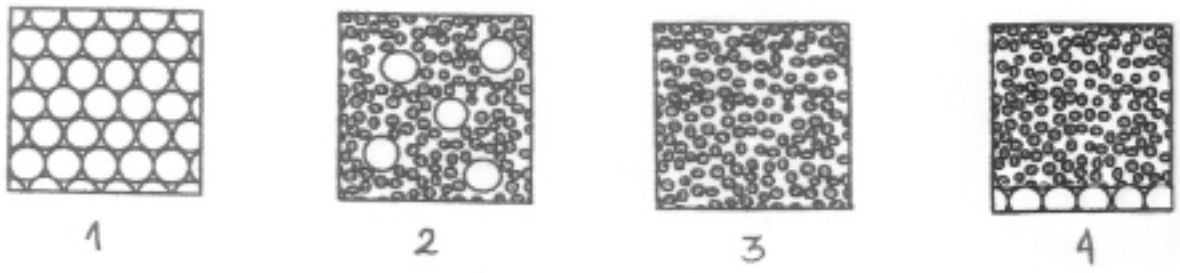
Nome_____ Curso_____ Nº_____

NOTA – Caso necessite de informações/dados para responder às questões do teste, solicite-as ao professor.

1. Considere o esquema seguinte que representa as diferentes etapas (I-a, I-b, II e III) da dissolução de uma porção de açúcar (sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$) em água (H_2O):



A cada etapa do esquema anterior (I-a, I-b, II e III) faça corresponder os diagramas apresentados em baixo (1,2,3 e 4) que representam as partículas presentes nas diferentes etapas quando o açúcar é dissolvido em água. Explique sucintamente as razões da sua escolha.



I-a ☐

I-b ☐

II ☐

III ☐ **(Total: 1,0 val.)**

2. A água oxigenada é uma solução aquosa de peróxido de hidrogénio, H_2O_2. Para uma solução de 3,40 %, em massa, e densidade 1,01 g/mL, calcule a molaridade de peróxido de hidrogénio na água oxigenada. **(1,5 val.)**

3. Descreva como prepararia 250,0 mL de uma solução de cromato de potássio, K_2CrO_4, de concentração igual a 7,73 g/L, a partir de uma solução aquosa 1,00 mol/L (apresente os cálculos necessários). **(1,0 val.)**

4. Para determinar a concentração de certas espécies químicas em solução aquosa, utiliza-se muitas vezes a espectrofotometria de absorção no visível.

a) Indique uma condição, a que devem obedecer as espécies químicas a dosear, para que se possa utilizar esta técnica. Justifique. **(0,5 val.)**

b) Explique para que serve a solução designada de *branco*. **(1,0 val.)**

5. Considere o composto iónico cloreto de magnésio, $MgCl_2$. Explique porque é que os átomos de magnésio e de cloro formam um composto iónico e não covalente. **(1,0 val.)**

6. Escreva as estruturas de Lewis (e os respectivos híbridos de ressonância, caso existam) e calcule as cargas formais dos átomos das seguintes espécies químicas:

a) CO_3^{2-}

b) $XeCl_4$

(Total: 1,5 val)

7. Para cada uma das espécies químicas do exercício anterior, indique (ao lado de cada estrutura, **na página anterior**)**:**

I) o n.º estéreo do átomo central;

II) a geometria dos pares electrónicos de valência;

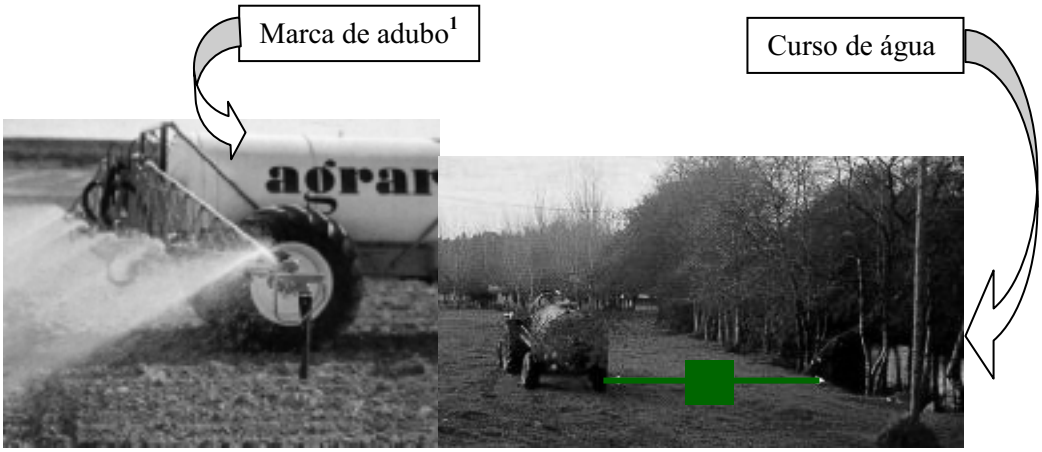
III) o n.º de pares de electrões não ligantes do átomo central;

IV) a geometria da molécula;

V) o seu carácter polar ou apolar da(s) espécie(s) neutra(s).

(Total: 1,5 val)

8. Considere as duas imagens e o texto que se segue:



[1]adubos – compostos como NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2$, K_2SO_4, $NaNO_3$, ou misturas destes compostos, que se adicionam ao meio nutritivo para melhorar o desenvolvimento das plantas.

"Ponta Delgada, 29 de Setembro de 2005

Governo está determinado no combate à eutrofização das lagoas das Sete Cidades

A secretária regional do Ambiente e do Mar, Ana Paula Marques, visitou esta tarde, na freguesia das Sete Cidades, na ilha de São Miguel, as obras em curso das empreitadas de construção de um desvio parcial dos efluentes conduzidos pela vala que atravessa a localidade e de construção de açudes na mesma vala e na Grota do Inferno.
Aquelas obras foram diagnosticadas como fundamentais pelo Plano de Ordenamento da Bacia Hidrográfica das Lagoas das Sete Cidades, porque correspondem às medidas correctivas no âmbito do combate ao processo de eutrofização.
Trata-se de uma vala que vai conduzir a água com nitratos que provém das pastagens circundantes, para o túnel de descarga das Sete Cidades impedindo-se, assim, que aqueles caudais entrem nas lagoas e aumentem o processo de eutrofização.
A empreitada geral inclui a construção, na referida vala, (…) de uma conduta desde a tomada de água até à bacia de entrada do túnel de descarga das lagoas das Sete Cidades onde se localizará um órgão descarregador, que desviará parte dos efluentes das referidas lagoas.
Na opinião da secretária regional do Ambiente e do Mar, a concretização daquelas obras, que representam um investimento público da ordem dos 1,2 milhões de euros, confirma o empenho do Governo Regional em resolver, de forma determinada, o problema da eutrofização daquelas lagoas.
Seguir-se-ão, como iniciativas essenciais, os trabalhos de requalificação de todas as margens das lagoas e a necessária redução do encabeçamento bovino para os níveis recomendados pelo respectivo plano de ordenamento."

Notícia extraída de:
Gabinete de Apoio à Comunicação Social, da Presidência do Governo Regional dos Açores.

a) Observe as imagens e leia a notícia. ***Relate***, de forma sucinta, os fenómenos químicos que pensa que estão a ocorrer. **(0,50 val.)**

b) ***Explique*****,** com a **maior profundidade** que lhe for possível, o(s) fenómeno(s) químico(s) descrito(s) em **8.a)**. **(1,5 val.)**

c) ***Formule*** 2 problemas que as situações apresentadas suscitem e que possam ser resolvidos com a ajuda da Química. Para cada problema, apresente as razões que, na sua opinião, o torna pertinente e relevante do ponto de vista **químico**. **(1,5 val.)**

9. Ordene os gases seguintes por ordem crescente do seu ponto de ebulição:

amoníaco (NH_3); krypton (Kr); hélio (He); sulfureto de hidrogénio (H_2S).

Justifique convenientemente a sua resposta. **(1,5 val.)**

10. Suponha que se colocaram, num recipiente fechado de 1,0 L, 1,0 moles de cada um dos gases A, B e C e que ocorre a transformação:

$$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$$

Discuta, em termos de constante de equilíbrio e variação de entalpia, o que acontece ao valor da temperatura do recipiente, ao fim de algum tempo. **(1,5 val.)**

11. Imagine que está constipado e que decide preparar uma bebida à base de vitamina C. No entanto, tem uma inflamação no esófago, o que o condiciona quanto aos alimentos que pode ingerir, não devendo o valor de pH daqueles ser inferior a 4.

Preveja o valor, ou gama de valores, de pH da bebida preparada, da forma mais precisa que lhe for possível, supondo que mistura 1,0 g de vitamina C em 100,0 mL de água. Será aconselhável tomar a bebida que preparou? Explicite o raciocínio e as aproximações que fizer. **(1,5 val.)**

12. O hipoclorito de sódio, NaClO, é um agente branqueador. Calcule a molaridade de todas as espécies químicas existentes numa solução aquosa 0,150 mol/L em NaClO. **(1,5 val.)**

13. Utilizando **obrigatoriamente** os conceitos *Calor(es) de reacção, Reacção(ões) química(s)*, *Solução(ões)*, *Equilíbrio(s) químico(s)* e *Espécie(s) química(s)*, construa uma **rede de conceitos** o mais completa possível.

Nota – Uma **rede de conceitos** é um esquema em que se ligam **palavras** (que representam conceitos) através de **linhas** (que representem uma relação entre os respectivos conceitos). A rede é mais rica se cada linha tiver uma **legenda** que explicite a relação. **(1,5 val.)**

Química – Ecologia Aplicada (2006/07)

1ª CHAMADA DE EXAME 18 de Janeiro de 2007

Duração: 2H00 + 30 min de tolerância

Nome _____ Nº _____

1. Leia o texto fornecido sobre o projecto de gestão de resíduos de embalagens e de medicamentos fora de uso (Anexo), desenvolvido pela empresa VALORMED. De seguida, responda às questões:

a) Transcreva um extracto do texto onde esteja claro que, actualmente, ainda se pratica o modelo de desenvolvimento de exploração incontrolada. **Justifique** a sua escolha. **(1,0 val.)**

b) Dê um exemplo de inter-relações entre a sociedade, a ciência, a tecnologia e o ambiente implícitas neste projecto. **(1,5 val.)**

2. Considere um curso de água poluído. Dê um exemplo de uma propriedade macroscópica deste sistema e de um agente poluente que esteja na sua origem, indicando uma proveniência possível desse poluente.

Descreva a constituição do sistema aquático poluído, indicando, pelo menos, 5 possíveis entidades químicas presentes. Classifique este sistema aquático quanto ao tipo de matéria. Explique convenientemente. **(1,5 val.)**

3. Diga, **justificando**, quais das substâncias seguintes:

CO_2 S_4 Fe N_2O_5 Xe O_2 O_3 CBr_4 NaI P_4 LiCl

a) Possuem moléculas como unidades básicas constituintes, mas não são compostos.

b) São compostos, mas não possuem moléculas como unidades básicas constituintes.

(Total: 1,0 val.)

4. O antraceno, constituído apenas por carbono e hidrogénio, é uma importante matéria-prima de corantes. Quando se procedeu à queima de 2,50 mg de antraceno, na presença de oxigénio puro, obtiveram-se 8,64 mg de CO_2 e 1,26 mg de H_2O. Sabendo que a massa molar do composto é de 178 g/mol, determine as suas fórmulas empírica e molecular. **(2,0 val.)**

5. Uma solução aquosa 1,00 mol/L de cromato de potássio, K_2CrO_4, tem uma densidade de 1,143 g/mL, a 20 ºC. Calcule:

a) A molalidade da solução. **(1,25 val.)**

b) A fracção molar do cromato de potássio na solução. **(0,75 val.)**

6. Para determinar a concentração de certas espécies químicas em solução aquosa, utiliza-se muitas vezes a técnica de espectrofotometria de absorção no visível, pelo método da recta de calibração.

Indique uma condição, a que devem obedecer as espécies químicas a dosear, para que se possa utilizar esta técnica. Justifique. **(1,0 val.)**

7. Considere o composto covalente molecular brometo de hidrogénio, HBr. **Justifique** o tipo de ligação química estabelecida entre os átomos de hidrogénio e de bromo neste composto, em termos das propriedades dos átomos dos elementos hidrogénio e bromo **(1,0 val.)**

8. Escreva as estruturas de Lewis e calcule as cargas formais dos átomos das seguintes espécies químicas:

a) BrF_3

b) PH_3

(Total: 1,5 val.)

9. Para cada uma das moléculas do exercício anterior, indique (no espaço destinado à questão anterior):

I) o n.º estéreo do átomo central;

II) a geometria dos pares electrónicos de valência;

III) o n.º de pares de electrões não-ligantes do átomo central;

IV) a geometria da molécula;

V) o seu carácter polar ou apolar. **(Total: 1,5 val.)**

10. A energia mínima para a sublimação (passagem do estado sólido a vapor) do hélio sólido é 0,105 kJ/mol, ao passo que para o gelo é 46,9 kJ/mol. Qual(ais) das seguintes proposições ajuda(m) a explicar esta diferença? **(1,5 val.)**

Justifique pormenorizadamente a sua resposta.

☐ Entre os átomos He apenas há forças de dispersão de London.

☐ Há fortes ligações de hidrogénio na água.

☐ Os átomos He possuem menos electrões do que as moléculas H_2O.

☐ As ligações covalentes nas moléculas de água são muito fortes.

11. Qual das seguintes substâncias, CH_3F ou CH_3Br, espera ser mais solúvel em água? **Justifique** convenientemente. **(1,0 val.)**

12. Para determinar rigorosamente a concentração de uma solução de um ácido ou de uma base, recorre-se habitualmente a uma volumetria de ácido-base.

Na padronização de uma solução de NaOH, titularam-se 20,00 mL desta solução com solução 0,100 mol/L de HCl. Sabendo que se gastaram 16,35 mL de titulante no 1º ensaio, 16,45 mL no 2º ensaio e 16,50 mL no 3º ensaio, calcule a concentração da solução básica. **(1,0 val.)**

13. O ácido láctico, $HC_3H_5O_3$, é monoprótico. Sabendo que o pH de uma solução 0,10 mol/L em ácido láctico é 2,44, calcule a respectiva constante de ionização ácida. **(1,0 val.)**

14. Determine a concentração das espécies químicas existentes numa solução 0,20 mol/L em cloreto de amónio, NH_4Cl. Qual o pH da solução? **(1,5 val.)**

$k_b(NH_3) = 1{,}8 \times 10^{-5}$

ANEXO

O QUE É A VALORMED?

Porquê a criação de um Sistema Integrado de Recolha de Embalagens e Medicamentos fora de uso?

A gestão adequada de resíduos é um desafio inadiável para as sociedades modernas. Cada ser vivo necessita de uma quantidade mínima de espaço natural para sobreviver, espaço que corresponde à "Pegada Ecológica" de cada um de nós.

O aumento da população mundial e as crescentes necessidades da sociedade de consumo, levam a que a taxa de consumo de "capital natural" já é superior à sua taxa de reposição, pelo que as práticas agressivas ao ambiente têm de terminar.

Temos de viver de acordo com o que a Terra pode fornecer e não com o que gostaríamos que fornecesse...

Mas qual a ligação entre os Medicamentos e o Ambiente?

É que as embalagens de medicamentos e os medicamentos fora de uso são um resíduo, que deve ser devidamente tratado, tal como os outros resíduos sólidos urbanos, para minimização do impacto ambiental.

Conscientes da especificidade do medicamento mesmo enquanto resíduos, a Indústria Farmacêutica, responsável pela gestão dos resíduos de embalagens que coloca no mercado, associou-se aos restantes intervenientes da "fileira do medicamento" – Distribuidores e Farmácias – e criaram a VALORMED Sociedade responsável pela gestão dos resíduos de embalagens e medicamentos fora de uso.

Porquê um sistema autónomo para os resíduos de medicamentos?

Porque a especificidade do medicamento aconselha a que exista um processo de recolha seguro, evitando-se, por razões de saúde pública, que os resíduos de medicamentos não estejam "acessíveis" como qualquer outro resíduo urbano.

Procura-se ainda que, por razões ambientais, os resíduos de medicamentos não contaminem os resíduos urbanos, prejudicando a valorização destes resíduos quer na componente compostável (*), quer nos materiais objecto de reciclagem (**).

Assim, a experiência da Indústria Farmacêutica em matéria de produção, embalagem e acondicionamento de medicamentos, associada à logística operacional garantida pelos Distribuidores, é potenciada com a adesão de mais de 2.300 Farmácias, como locais de recolha e de aconselhamento ao público, o que tem vindo a ser feito com grande empenho por parte da classe farmacêutica.

Está assim criado um Sistema, gerido pela VALORMED, com enormes mais valias em termos ambientais.

Em 2003 foram recolhidas e sujeitas a valorização energética 365 toneladas – 1 tonelada/dia – de resíduos de embalagens e medicamentos.

Embora o Sector do Medicamento represente menos de 0,5% dos Resíduos Sólidos Urbanos, o projecto VALORMED justifica-se em termos de saúde pública e ambiental.

Os cuidados especiais exigidos na manipulação dos medicamentos aconselham a que os respectivos resíduos tenham um sistema seguro de recolha, em contentores devidamente identificados e invioláveis, destinados à valorização energética, ou seja, através do sistema de incineração os resíduos contribuem para a produção de energia, não sendo um simples sistema de eliminação de resíduos.

(*) Compostagem o que é?

Trata-se de um processo de transformação de resíduos que permite que 3 kg de matéria orgânica originem 1 kg de fertilizante de boa qualidade...
Anualmente uma família média "deita fora" cerca de 500 kg de restos de comida...

(**) Reciclar o que é?

Trata-se de um processo de reutilização dos materiais.
Sabia que a energia produzida pela reciclagem de uma garrafa de vidro de 1 litro, é suficiente para manter acesa uma lâmpada de 100 watts durante 4 horas?

www.valormed.pt (13-01-2006)

Química – Ecologia Aplicada (2006/07)

2ª CHAMADA DE EXAME 29 de Janeiro de 2007

Duração: 2H00 + 30 min de tolerância

Nome _____ Nº _____

1. Como sabe, o modelo de desenvolvimento sustentável admite a continuação da exploração de recursos, mesmo dos não renováveis. Como explica que, com este modelo de desenvolvimento económico, os recursos do planeta estejam a ser protegidos? **(1,0 val.)**

2. Dê um exemplo de um problema ambiental que conheça em que sejam claras as inter-relações entre a sociedade, a ciência, a tecnologia e o ambiente. Explicite essas inter-relações. **(1,5 val.)**

3. Considere que se pretende simular, do ponto de vista químico, um sistema aquático natural. Para isso, juntou-se água (H_2O) com um pouco dos sólidos cloreto de sódio (NaCl), nitrato de amónio (NH_4NO_3) e sílica (SiO_2). Suponha ainda que se borbulharam um pouco dos gases trióxido de enxofre (SO_3) e oxigénio (O_2) na água.

a) Represente, com equações químicas, os fenómenos que julga que ocorreram na preparação do sistema anterior. **(1,0 val.)**

b) Indique todas as espécies químicas, e o respectivo estado físico, presentes no sistema preparado e classifique o sistema em termos de tipo de matéria, **justificando**.
(1,5 val.)

4.

a) Determine, **justificando** convenientemente, a fórmula empírica do composto produzido quando 1,00 g de crómio sólido sofre combustão completa com 0,923 g de oxigénio gasoso. **(1,5 val.)**

b) Descreva o procedimento experimental que terá sido executado para obter os dados da alínea anterior, referindo também o material usado. **(1,0 val.)**

5.

a) Calcule a molalidade de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) na solução resultante da mistura do açúcar de um pacote (7,93 g) com 205 mL de chá morno.

A densidade do chá morno, não açucarado, é igual a 0,987 g/mL. Faça as aproximações que entender necessárias. **(1,5 val.)**

b) Calcule a percentagem mássica de sacarose na solução de chá açucarado. **(1,0 val.)**

6. Para determinar a concentração de certas espécies químicas em solução aquosa, utiliza-se muitas vezes a técnica de espectrofotometria de absorção no visível, pelo método da recta de calibração.

Justifique porque, ao traçar o gráfico da absorvância em função da concentração da espécie absorvente nas soluções padrão, se inclui o ponto (0,0). **(1,0 val.)**

7. Analise atentamente as estruturas de Lewis das espécies químicas seguintes e averigúe se há estruturas incorrectas (a posição relativa dos átomos está correcta). No(s) caso(s) em que tal se verifique, indique o que está errado e represente a estrutura corrigida. Calcule as cargas formais dos átomos das duas espécies químicas na estrutura corrigida.

a) H—Ö=F̈:

b) F–Xe–F

(1,5 val.)

8. Para cada uma das estruturas anteriores (devidamente corrigidas, se necessário), indique (ao lado das estruturas anteriores):

I) o n.º estéreo do átomo central;

II) a geometria dos pares electrónicos de valência do átomo central;

III) o n.º de pares de electrões não-ligantes do átomo central;

IV) a geometria da molécula;

V) o seu carácter polar ou apolar (faça esboços dos momentos dipolares das ligações e dos momentos dipolares das moléculas)

(Total: 1,5 val.)

9. Sabendo que, apesar da polaridade das moléculas seguintes aumentar pela ordem

H_2Te; H_2Se; H_2S

justifique porque os pontos de ebulição respectivos diminuem na mesma ordem. **(1,5 val.)**

10. Qual das seguintes substâncias, NH_3 ou PH_3, espera ser mais solúvel em água? **Justifique** convenientemente. **(1,0 val.)**

11. Que massa de NaOH é necessária para preparar 500,0 mL de solução com um pH de 10,00? **(1,0 val.)**

12. Determine a molaridade de todas as espécies químicas existentes numa solução aquosa 0,42 mol/L em acetato de potássio, KCH_3COO. **(1,5 val.)**
$K_a (CH_3COOH) = 1,8 \times 10^{-5}$

13. Para determinar rigorosamente a concentração de uma solução de um ácido ou de uma base, recorre-se habitualmente a uma volumetria de ácido-base.

Na padronização de uma solução de H_2SO_4, titularam-se 20,00 mL desta solução com solução 0,100 mol/L de NaOH. Sabendo que se gastaram 16,35 mL de titulante no 1º ensaio, 16,45 mL no 2º ensaio e 16,50 mL no 3º ensaio, calcule a concentração da solução ácida. **(1,0 val.)**